

Die Bedeutung der Modellmethode für den
Biologieunterricht in der Hauptschule

(untersucht an achten Schülerjahrgängen
am Beispiel des Beutefangverhaltens der Erdkröte)

Emil Karl Stöhr

1982

Die Bedeutung der Modellmethode für den
Biologieunterricht in der Hauptschule
(untersucht an achten Schülerjahrgängen
am Beispiel des Beutefangverhaltens der Erdkröte)

D i s s e r t a t i o n
der Fakultät für Biologie
der Ludwig-Maximilians-Universität
München

vorgelegt von
Emil Karl Stöhr
aus Schongau

August 1981



1. Berichterstatter: Prof. Dr. Wilhelm Killermann
2. Berichterstatter: Prof. Dr. Maximilian Renner

Tag der mündlichen Prüfung: 4. März 1982

V o r w o r t

Diese Arbeit will einen Beitrag zu der Frage leisten, welchen Platz die Modellmethode im Biologieunterricht einnehmen kann.

In der Hauptschule finden Modelle meist nur als Nachbildungen der Wirklichkeit Anwendung. Sie werden überwiegend als Anschauungshilfen verstanden und sollen das fehlende Naturobjekt ersetzen. Im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen jedoch Modelle, die dem Schüler das Verständnis schwieriger Sachverhalte erleichtern. Es werden Überlegungen angestellt, welche Bedeutung die Modellmethode für den Unterricht haben kann. Durch empirische Untersuchungen im Unterrichtsfeld wird geklärt, ob die Modellmethode das Unterrichtsverfahren des Lehrers verbessert. Zur Gestaltung des empirischen Teils erhielt ich durch die Diskussionen am Institut für Biologiedidaktik in München wichtige Impulse. Die Arbeit knüpft nicht an andere Untersuchungen gleichen Inhalts an.

Herrn Prof. Dr. Wilhelm Killermann bin ich als Anreger und Betreuer meiner Arbeit zu großem Dank verpflichtet. Sein wertvoller Rat war mir stets eine willkommene Unterstützung.

München, im Juli 1981

Der Verfasser

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorüberlegungen	1
1.1	Neuere Literatur	1
1.2	Versuch einer Systematik der Modelle	3
1.3	Definition für Modell und Modellmethode	4
1.4	Problemstellung und methodisches Vorgehen	5
2.	Didaktische Aufgaben der Modellmethode (Aufschlüsselung der Modellmethode für den Unterricht)	6
2.1	Allgemeine Überlegungen zur Modellmethode	6
2.1.1	Ableitung der beiden Modelltypen für den Biologieunterricht	6
2.1.2	Unterricht mit Hilfe von Erkundungs- und Erklärungsmodellen (Merkmalsbeschreibung)	8
2.1.3	Modellmethode und Sachgemäßheit	9
2.1.4	Modellmethode und Denkschulung	10
2.1.5	Modellmethode und Vereinfachung	11
2.1.5.1	Vereinfachung wissenschaftlicher Aussagen durch Modelle	11
2.1.5.2	Vereinfachung wissenschaftlicher Arbeitsweisen	12
2.2	Modelle zum Beutefangverhalten der Erdkröte in der Sicht des Faches Biologiedidaktik	13
2.2.1	Anatomische Modelle	13
2.2.2	Funktionsmodelle	13
2.2.3	Instinktmodelle	15
2.2.4	Schlüsselreiz und Auslösemechanismus	19
2.2.5	Black-box und Funktionsschaltbilder	25
2.2.6	Attrappen	28
2.2.7	Black-box und Attrappenversuche	29
3.	Empirische Untersuchungen zum Lernzuwachs und zur Behaltensleistung der Schüler	37

3.1	Versuchspläne für die Vor- und die Hauptunter- suchung	37
3.1.1	Versuchsplan für die Explorationsexperimente der Voruntersuchung	37
3.1.2	Versuchsplan für die Hauptuntersuchung (Entscheidungsexperiment)	40
3.2	Vorausgeplanter Ablauf der Unterrichtsstunden der Vor- und der Hauptuntersuchung	41
3.3	Die Testaufgaben als Meßinstrument für die Vor- und Hauptuntersuchung	51
3.4	Vergleichbarkeit der Kontroll- und Versuchsgruppen (Stichprobenparallelisierung)	64
3.5	Hypothesen	66
3.6	Untersuchungsergebnisse und Diskussion	69
3.6.1	Ergebnisse der Voruntersuchung	69
3.6.2	Ergebnisse der Hauptuntersuchung	74
3.6.3	Diskussion der Ergebnisse der Vor- und Hauptunter- suchung	77
4.	Zusammenfassung	85
Anlage 1	Konstruktionspläne - Attrappenkasten und Attrap- penarena	87
Anlage 2	Unterrichtshilfen	90
Anlage 3	Bei der Untersuchung eingesetzte statistische Ver- fahren	93
Anlage 4	Ergebnisse der Schulklassen der Hauptuntersuchung im Überblick	94
Anlagen 5 - 8	Datenbasis der Voruntersuchung	95
Anlagen 9 - 14	Datenbasis der Hauptuntersuchung	99
Anlagen 15 - 16	Prüfung auf Normalverteilung (χ^2 -Test)	111
Anhang 1	Krötenhaltung und Umgang mit lebenden Kröten im Unterricht	113
Anhang 2	Kurze Studie zum Beutefangverhalten der Erdkröte	115
	Literaturverzeichnis	131
Testbögen: Voruntersuchung 240, Hauptuntersuchung 858		

1. Vorüberlegungen

Schon vor mehr als 350 Jahren forderte C o m e n i u s in seiner "Didactica magna" (Große Unterrichtslehre; Erstfassung 1628): "Wenn aber die Dinge einmal fehlen, so kann man deren Stellvertreter anwenden; nämlich M o d e l l e ..., die man des Lehrens halber angefertigt hat .. ." Er verstand Modelle als "Anschauungsmittel .. (autoptica instrumenta)" und bemerkte dazu: "Wenn du einen Schüler der Naturwissenschaften vor diesen Betrachtungsgegenstand stellst und ihm einzeln alles e r k l ä r s t und zeigst, so wird er gleichsam spielend alles begreifen .. ."

1.1 Neuere Literatur

Es gibt eine Vielzahl von Veröffentlichungen zum Thema Modelle im Biologieunterricht. Aufgezählt seien nur einige Autoren.

W. Siedentop (1968, S. 183 f.) vertritt die Auffassung: "Ohne eine Verwendung von Modellen ist .. naturwissenschaftlicher Unterricht nicht möglich." Er empfiehlt, "Schüler zu einem Versuchsergebnis selbst Modellvorstellungen entwickeln zu lassen .. und diese dann kritisch durchzuarbeiten."

W. Killermann (1974, S. 20 f.) zählt die "Modellbildung" neben Beobachten, Beschreiben, Vergleichen und Experimentieren zu den praktischen Arbeitsmethoden, die im Unterricht Anwendung finden sollen.

Bei den "verschiedenen Formen ideeller Modelle im Biologieunterricht", die H. Räuber (1974, S. 37) zu sogenannten "vermischten Ganzheitsmodellen" zusammenfügt, geht es darum, " .. mit Hilfe von Zeichen .. das Zusammenfassen stark abstrahierter Details zum einheitlichen Ganzen .. " zu erreichen. Räuber (1974, S. 148) spricht vom "Ganzheitsmodell des Menschen". Durch sog. "Strukturmodelle" für Kohlenhydrate und Fermente sowie durch Richtungspfeile wird anzudeuten versucht, welcher

Zusammenhang zwischen Verdauung, Blutkreislauf und Muskel-tätigkeit besteht.

J. Müller (1974) versteht Modelle als Erkenntnismittel im Unterricht. Er orientiert sich dabei an der Vorgehensweise Räubers. Darüber hinaus jedoch spricht Müller (1975, S. 9 ff.) von einer "Anwendung der Modellmethode .. im Unterricht" und wählt als Beispiel Bau und Funktion der Wurzel. Er läßt im Unterricht Modellexperimente durchführen und durch die Schüler "Analogieschlüsse .. auf die im biologischen Objekt analog ablaufenden Prozesse .." ziehen.

R. Hedewig (1976) entwickelt selbstgebaute Molekülmodelle für den Biologieunterricht.

W. Raether (1976, S. 105 ff.) entwirft ein "Modell zur Verdeutlichung der Funktion des AAM". Sein Funktionsmodell ist ein "elektronisches Ohr mit eingebautem Mikrophon .. Glühbirne und Stromquelle".

W. Viebahn (1976, S. 2 ff) schreibt eine vielschichtige und umfangreiche Systematik zum "Modellbegriff im Biologieunterricht".

H. Weber (1976, S. 4 u. S. 7 ff.) sieht Modelle im Zusammenhang mit der "didaktischen Reduktion". Diese ist für ihn eine "Methode der Vereinfachung von fachwissenschaftlichen Sachverhalten für den Unterricht". Er nennt die "Strukturelle Modellbildung" und die "Übertragene Modellbildung". Als Beispiele für Modelle wählt er chemische Formeln.

G. Reichart und N. Kopcanski (1977, S. 205 ff.) verlangen für den Unterricht eine anschauliche Darstellung komplizierter Sachverhalte. Das soll in drei Stufen erfolgen: "- Veranschaulichen von Sachverhalten durch Modelle. - Eigenes Erstellen von Funktionsmodellen. - Finden und Erproben von Funktionsprinzipien vorgefertigter Modelle." Als Beispiele dienen ein aus Pappe gefertigtes Puzzle zur Veranschaulichung der Struktur der DNS, selbst hergestellte Gießharzmodelle von Zellen und das Zusammensetzen vorgefertigter Teile eines Bausatzes für ein kybernetisches Funktionsmodell zur Füllstandsregelung.

G. Schaefer, G. Trommer und K. Wenk (1977) sprechen von einem "Denken in Modellen". Sie lassen in ihrem Band Autoren über

Modelle in der Physik (z.B. Steinbuch; Kuhn), Modelle in der Chemie (z.B. Preuß) und Modelle in der Biologie (z.B. Halbach) zu Wort kommen. Hingewiesen sei auf den Beitrag von Bayrhuber: "Black-box-Analyse lernender Goldhamster im Schulunterricht."

K. Wenk und G. Trommer (1978) sind Herausgeber des Bandes "Unterrichten mit Modellen". Für den Biologieunterricht vorgestellt werden Zellmodelle, Atmungsmodelle, Modelle zur biologischen Energiegewinnung und Regelkreismodelle.

H. Schulte (1978, S. 87) untersucht "3 Möglichkeiten und Aspekte des didaktisch-methodischen Einsatzes .. von Modellen ..: .. 1) Modelle als Anschauungshilfen .. 2) Modelle in der Unterrichtsplanung, 3) didaktische Probleme des Modelleinsatzes unter stufenspezifischen Aspekten."

L. Staeck (1980, S. 38 ff.) rechnet die Struktur- und Funktionsmodelle gemeinsam mit den realen Gegenständen, Wandbildern, Arbeitstransparenten, Dias, Filmen und Unterrichtsprogrammen zu den Unterrichts-Medien. Er empfiehlt, "Modelle nur dann als unterrichtliche Medien einzusetzen, wenn die Schüler sich direkt mit ihnen - also visuell und taktil .. auseinandersetzen können." (1980, S. 181) Als Beispiel wählt er ein Regenwurm-Modell aus Kunststoff.

Die von den genannten Autoren vorgetragenen Modelle sind entweder ideelle oder materielle Modelle. Reflektiert wird ihre Verwendung im Unterricht.

Die vorgenannten biologiedidaktischen Ansätze zur Modellmethode befassen sich nicht mit dem Thema dieser Arbeit. Die Bedeutung der Modellmethode für den Biologieunterricht in der Hauptschule wurde im Zusammenhang mit dem Beutefangverhalten der Erdkröte bisher noch nicht untersucht. Alle aufgezählten Beiträge aus der neueren Literatur sind theoretische Abhandlungen. Nur Staeck (1980) führte eine empirische Untersuchung an zwei Realschulen in Berlin (West) in siebenten Jahrgangsstufen durch. Er ging von der Frage aus, welchem Medium im Unterricht der Vorzug gegeben werden soll.[Sechs Unterrichtsverfahren (Treatments) von unterschiedlicher Unterrichtsdauer wurden untersucht. Staeck verwendete im Gegensatz zur folgenden Arbeit zur Hypothesenprüfung non-parametrische Verfahren. Für das Treatment D mit Modell und OH-Folie gingen in die Datenverrechnung nur N = 48 Versuchspersonen ein. Das Treatment D (Modell/Arbeitstransparent) wurde zusammen mit dem Treatment B (Filmsequenz) in der Rangfolge der unterrichtlichen Medien im Hinblick auf Lernzuwachs und Behaltensleistung an die letzte Stelle gesetzt.] Die Untersuchung Staecks ist im Rahmen der Mediendidaktik der Allgemeinen Didaktik bzw. Schulpädagogik zuzuordnen. Das Fach Biologie leistete nur Hilfestellung. Hingegen unternimmt die folgende fachdidaktische Arbeit den Versuch, im Rahmen der Didaktik der Biologie den biologischen Unterrichtsgegenstand in den Mittelpunkt zu stellen.

1.2 Versuch einer Systematik der Modelle

Die Modelle des Faches Biologie können nach der "Art und Weise, wie das Modell ausgeführt ist" in ideelle und materielle Modelle eingeteilt werden, wobei "jedes materielle Modell aus einem ideellen Modell hervorgegangen ist". (vgl. Viebahn 1976, S. 78; Straaß 1962, S. 77 ff.; Wendler 1965, S. 285 ff.; Nachtigall 1972, S. 132 ff. u. a.)

Ideelle Modelle:

- Black-box, z.B. der Organismus der Erdkröte als Black-box aufgefaßt.
- Hypothesen, Modellvorstellungen und Denkmodelle, z.B. Instinktmodelle, Schlüsselreiz und Auslösemechanismus, Modellvorstellung für das Beute-Erkennen der Erdkröte.
- Mathematische Modelle, z.B. das Hardy-Weinberg-Gesetz.
- Elektrische Modelle, dargestellt durch Schaltkreise.
- Symbolische Modelle, z.B. chemische Symbole, chemische Formeln und Gleichungen.
- Kybernetische Modelle, z.B. Funktionsschaltbilder.
- Allgemein nach der Art ihrer Darstellung alle bildlichen Modelle, z.B. in Form von Skizzen, Zeichnungen oder Schemata.

Materielle Modelle:

- Anatomische Modelle, z.B. Nachbildungen von Organen.
- Funktionsmodelle, z.B. Funktionsmodell für die Flügelbewegung bei Insekten.
- Attrappen, z.B. Wurmattrappe für die Auslösung des Beutefangs der Erdkröte.

1.3 Definition für Modell und Modellmethode

Nachtigall (1972, S. 132) definiert: "Modelle sind vereinfachende Abstraktionen von biologischen Substraten, .." und weiter "Ein Modell ist die analoge Abstraktion eines Originals." So gesehen ist ein Modell entweder eine analoge ideelle oder eine analoge materielle Abstraktion eines Originals und damit zugleich eine Vereinfachung dieses Originals.

Unter Modellmethode wird ein Unterricht mit Hilfe von Modellen verstanden. Die Verwendungsart der Modelle im Unterricht wird durch die später abgeleiteten Erkundungs- und Erklärungsmodelle beschrieben und durch die didaktischen Aufgaben der Modellmethode noch näher gekennzeichnet. Im weiteren Verlauf der Arbeit ist nur von Modellen und Modellmethode im obengenannten Sinne die Rede.

1.4 Problemstellung und methodisches Vorgehen

Folgende Probleme werden durch diese Arbeit untersucht:

- a) Welche didaktischen Aufgaben kann die Modellmethode im Biologieunterricht erfüllen?
- b) Erhöht sich der Lernzuwachs und die Behaltensleistung der Schüler beim Einsatz der Modellmethode?

Hermeneutik, fachdidaktische Analyse und empirische Untersuchungsverfahren werden eingesetzt, um diese Probleme zu lösen. Als Beispiel wurde der Beutefang der Kröte gewählt. Eigene Erfahrungen über Krötenhaltung und im Umgang mit Erdkröten wurden gesammelt und im Anhang 1 festgehalten. Zusätzlich bemühte sich der Verfasser, das Beutefangverhalten der Erdkröte dadurch besser kennenzulernen, daß er bei Herrn Prof. Dr. Ewert in Kassel eine kurze Studie anfertigte. Diese ist als Anhang 2 beigefügt.

2. Didaktische Aufgaben der Modellmethode (Aufschlüsselung der Modellmethode für den Unterricht)

2.1 Allgemeine Überlegungen zur Modellmethode

Bevor empirische Untersuchungen durchgeführt werden können, ist zu klären, in welcher Weise Modelle im Unterricht einzusetzen sind und welche Aufgaben sie dabei erfüllen sollen.

2.1.1 Ableitung der beiden Modelltypen für den Biologieunterricht (Abb.1)

Die unter 1.2 aufgeführten ideellen und materiellen Modelle werden auch nach ihrem Verwendungszweck eingeteilt. Entscheidend ist dabei ihre Stellung im Erkenntnisprozeß. So wird zwischen Forschungs- und Demonstrationsmodellen unterschieden. (vgl. Wendler 1965, S. 285; Halbach 1974, S. 293 u.a.) Außer in Forschung und Lehre an Hochschulen können diese Modelle in einfacherer Form auch im Schulunterricht eingesetzt werden. Ausgehend von der Systematik Halbachs werden die beiden Modelltypen für den Biologieunterricht abgeleitet. Betont wird, was eigentlich selbstverständlich ist: Hauptschüler können nicht forschen, sondern nur erkunden. (vgl. Uhlig, Baer u.a. 1962, S. 435) In der Hauptschule werden also keine Forschungsmodelle mit den dazu erforderlichen Methoden eingesetzt, sondern lediglich Erkundungsmodelle. Arbeitsweisen des Fachwissenschaftlers werden nicht übernommen, sondern vereinfacht angewendet.

Abb. 1 Schematische Übersicht der Ableitung der beiden Modelltypen für den Biologieunterricht.
(Entwickelt nach Halbach 1974: "Modelle in der Biologie".)

Modelle zur Aufklärung
unbekannter Sachverhalte

Modelle zur Darstellung
bekannter Sachverhalte

Deskriptive Modelle
z.B. "black-box"
(unbekannte Sachverhalte)

Konzeptionelle Modelle
z.B. hypothetische Systeme
(teilweise unbekannte Sachverhalte)

Teilaufgeklärte Systeme
z.B. teilweise aufgeklärte Sachverhalte

Synthetische Modelle
z.B. vollständig analysierte Systeme
(bekannte Sachverhalte)

Modelle in der Forschung
(Forschungsmodelle)

Vereinfachung wissenschaftlicher Arbeitsweisen für Unterrichtszwecke

Erkundungsmodelle

Modelle in der Lehre
(Demonstrationsmodelle)

Vereinfachung wissenschaftlicher Aussagen durch Modelle. Auswahl und Gestaltung vorgegebener Modelle für Unterrichtszwecke

Erklärungsmodelle

Modelle im Biologieunterricht (Modellmethode)

Möglichkeiten des Einsatzes von Modellen:

1. Unterricht mit Hilfe von Erkundungsmodellen
2. Unterricht mit Hilfe von Erklärungsmodellen

2.1.2 Unterricht mit Hilfe von Erkundungs- und Erklärungsmodellen (Merkmalsbeschreibung)

Im Unterricht können Modelle unter Verwendung verschiedener Lehrmethoden eingesetzt werden. Anstelle einer Definition erfolgt die Aufzählung der wesentlichen Merkmale. Diese kennzeichnen die didaktischen Aufgaben der beiden Modelltypen der Modellmethode im Unterrichtsgeschehen.

Unterricht mit Hilfe von Erkundungsmodellen

Erkundungsmodelle orientieren sich an den Forschungsmodellen der Biologie. Sie vermitteln bereits erforschte Sachverhalte.

Die Schüler wenden Arbeitsweisen an, die sie selbstständig durchführen können.

Gedankenexperimente der Schüler. (vgl. Kerschensteiner 1953, S. 129)

Induktive Lehrmethode. (vgl. Geiger 1966)

Für die Schüler nicht sofort einsichtig.

Problemlösender Unterricht mit der Möglichkeit eigen-schöpferischer Initiative der Schüler.

Entdeckende und erarbeitende Unterrichtsverfahren. Weitgehende Selbsttätigkeit der Schüler.

Vom Schüler wird hauptsächlich selbstständiges, produktives Denken gefordert. Die Unterrichtsdurchführung beansprucht viel Zeit.

Unterricht mit Hilfe von Erklärungsmodellen

Erklärungsmodelle orientieren sich an den Demonstrationsmodellen der Biologie.

Arbeitsweisen werden vorgeführt.

Keine Gedankenexperimente der Schüler.

Deduktive Lehrmethode. (vgl. Geiger 1966)

Für die meisten Schüler besteht von Anfang an ein klarer Überblick.

Modelle werden vorgegeben.

Die Lehreraktivität steht im Vordergrund. Informierende und bestätigende Unterrichtsverfahren werden eingesetzt. Demonstrationsversuche überwiegen.

Von den Schülern wird vor allem nachvollziehendes, reproduktives Denken verlangt. Für die Erreichung der Lernziele ist ein geringerer Zeitaufwand erforderlich.

Ein Unterricht mit Hilfe von Erkundungs- oder Erklärungsmodellen soll den Schülern das Verständnis biologischer Sachverhalte erleichtern. Beide Unterrichtsverfahren können bei ihrer Durchführung nicht scharf voneinander getrennt werden. Trotzdem entscheidet das Vorhandensein der vorgenannten Merkmale darüber, welches Verfahren jeweils schwerpunktmäßig vorliegt.

- Erkundungsmodelle dienen der selbständigen Erkenntnisgewinnung durch die Schüler.

Beispiel: Die Schüler fertigen aufgrund eigener Vermutungen selbst Attrappen an, um durch Attrappenversuche den Schlüsselreiz Gestalt beim Beutefang der Erdkröte herauszufinden. Zur Unterstützung des Erkenntnisprozesses der Schüler werden folgende Modelle des Faches Biologie als Erkundungsmodelle in das Unterrichtsverfahren aufgenommen: Black-box, Attrappen, Schlüsselreiz und Auslösemechanismus, Funktionsschaltbilder. Das Unterrichtsverfahren ist gekennzeichnet durch Anwendung fachgemäßer Denk- und Arbeitsweisen sowie durch problemlösende Denkleistung der Schüler. Trotz hohen Zeitaufwandes wird es den Schülern dabei nur annäherungsweise gelingen, den optimalen Schlüsselreiz für die Gestalt der Beute zu entdecken.

- Erklärungsmodelle helfen bei der Kenntnisvermittlung an die Schüler.

Beispiel: Den Schülern werden zum Beutefangverhalten der Erdkröte vorgefertigte optimale Attrappen für die Gestalt der Beute im Attrappenversuch vorgeführt. Zur Erleichterung der Kenntnisvermittlung werden folgende Modelle als Erklärungsmodelle eingesetzt: Schlüsselreiz und Auslösemechanismus, Funktionsschaltbilder. Die Attrappen verlieren hier ihre heuristische Aufgabe. Das Unterrichtsverfahren ist gekennzeichnet durch deduktives Vorgehen, das den Schülern von Anfang an einen klaren Überblick verschafft. Bei geringem Zeitaufwand erhalten die Schüler informative Hinweise zum Schlüsselreiz.

2.1.3 Modellmethode und Sachgemäßheit

Durch das Modell wird immer das Wesentliche eines Sachverhalts hervorgehoben. Eine sachgerechte Darstellung unter Zuhilfenahme von Modellen verlangt jedoch zusätzlich, daß die Schüler

auf die Unzulänglichkeit der Modelle im Vergleich zur Naturwirklichkeit hingewiesen werden. Bei der Arbeit mit Modellen sind deshalb folgende Lernziele anzustreben:

- Bewußtsein, daß Modelle zur Gewinnung von Erkenntnissen notwendig sind.
- Einsicht, daß Modelle nur wenige wesentliche Merkmale der Wirklichkeit abbilden.
- Einsicht, daß Modelle mit der Naturwirklichkeit nicht übereinstimmen.

Durch den Vergleich zwischen Gegenstand und Modell wird der Blick für den Gegenstand selbst geschärft.

2.1.4 Modellmethode und Denkschulung

Modelle ermöglichen und erleichtern die gedankliche Durchdringung komplexer biologischer Sachverhalte. Indem sie die Phantasie der Schüler zügeln, lenken sie deren Vorstellungen in abgesicherte Bahnen.

Folgende Fähigkeiten der Schüler können im Rahmen der Denkschulung durch den Einsatz von Modellen gründlicher geübt werden als dies ohne Modelle möglich wäre:

- Erkennen eines Problems
- Einen originellen Gedanken fassen
- Kritische und analytische Einstellung
- Vergleich analoger Strukturen
- Feststellen von Unterschieden
- Eigene Schlüsse ziehen
- Übertragung gewonnener Erkenntnisse auf ähnliche Sachverhalte

Die Modellmethode behält immer die Gesamtstruktur eines Gegenstandes im Auge. "Auf irgendwelche Relationen aufmerksam zu werden, selbst wenn sie richtig sind, ist nicht entscheidend; worauf es entscheidend ankommt, ist, daß es gerade diejenigen Relationen sein müssen, die strukturell gefordert sind im Blick auf das Ganze." (Wertheimer 1964, S. 50)

Ein wichtiges Ziel der Modellmethode ist einsichtiges Lernen. Nach v. Cube (1965, S. 187) bedeutet Einsicht "vom redundanz-theoretischen Standpunkt aus" nichts anderes als eine "rasche Superzeichenbildung" und damit eine wirksame Verringerung der Information. Weniger Information entlastet das Gedächtnis und ermöglicht diesem eine bessere Speicherung der geringen aber bedeutungsvollen Information. Diese Aufgabe erfüllt das Modell im Unterricht, da es nur wesentliche Merkmale eines Originals wiedergibt.

Im Idealfall strebt die Modellmethode kategoriale Bildung im Sinne Klafkis (1967, S. 44) an: "Bildung ist k a t e g o - r i a l e Bildung in dem Doppelsinn, daß sich dem Menschen eine Wirklichkeit .. erschlossen hat und daß eben damit er selbst - dank der selbstvollzogenen .. Einsichten .. - für diese Wirklichkeit erschlossen worden ist." Mit Hilfe der Modellmethode kann versucht werden, kategoriale Bildung zu verwirklichen, da sich im Modell Erkenntnisobjekt und Erkennender begegnen. Das Erkenntnisobjekt ist der zu untersuchende biologische Gegenstand. Der Erkennende ist zuerst der Forscher, später jedoch auch der zu unterrichtende Schüler.

2.1.5 Modellmethode und Vereinfachung

2.1.5.1 Vereinfachung wissenschaftlicher Aussagen durch Modelle

Modelle werden geschaffen, um wissenschaftliche Ergebnisse übersichtlich und vereinfacht darzustellen. Sie besitzen ein gewisses Höchstmaß an Vereinfachung. Dem Lehrer bleibt die wichtige Aufgabe der Auswahl, der Gestaltung und des Einsatzes von Modellen. (vgl. Viebahn 1976, S. 78)

Die Einsatzmöglichkeiten von Modellen für Unterrichtszwecke sind bei den Erklärungs- und Erkundungsmodellen dargestellt. (s. S. 8 f.) Viele Modelle sind nicht für den Unterricht geeignet, sondern nur für Forschungszwecke. Der Lehrer muß

solche vorgegebenen Modelle auswählen, die den Schülern aufgrund ihrer Vorkenntnisse und Fähigkeiten zugänglich sind. Bei der Aufgabe der Gestaltung von Modellen für Unterrichtszwecke geht es darum, den Schülern Modelle verständlich darzustellen. Dabei darf an der wissenschaftlichen Aussage des Modells nichts geändert werden. Diese muß den "gleichen Gültigkeitsumfang über den gleichen Gegenstand unter gleichem Aspekt" beibehalten. (sinngem. f. Modelle übern. aus Hering 1958, S. 206 f.)

Eine Vereinfachung des Lerninhalts kann nicht auskommen ohne die Vereinfachung durch das Modell. Dieses macht deutlich, was am biologischen Objekt schwierig zu erkennen ist.

2.1.5.2 Vereinfachung wissenschaftlicher Arbeitsweisen

Modelle haben in der Forschung eine heuristische Aufgabe. Der Wissenschaftler beobachtet, experimentiert und entwickelt Modelle. Bei der Beobachtung konzentriert sich der Beobachter auf einen begrenzten Wirklichkeitsausschnitt. Beim Experiment wird ein Parameter eines Gesamtgefüges untersucht, während die übrigen Variablen konstant gehalten werden. Der biologische Gegenstand und die ihm gemäße Untersuchungsmethode können nicht unabhängig voneinander vereinfacht werden. Für den Unterricht ist deshalb neben einer Vereinfachung wissenschaftlicher Aussagen durch das Modell auch eine Vereinfachung der Arbeitsweisen notwendig. Aus vielen Gründen, z.B. fehlende Kenntnisse der Schüler, Mangel an Zeit, an Geräten und finanziellen Mitteln, ist der Lehrer gezwungen, die Arbeitsmethoden für den Unterricht zu vereinfachen. Welche Möglichkeiten stehen ihm dabei zur Verfügung?

- Umfangreiche quantitative Experimente des Fachwissenschaftlers werden reduziert zu einfachen quantitativen oder noch einfacheren qualitativen Schülerexperimenten. (vgl. Nachtigall 1972, S. 63; Klautke in Killermann/Klautke 1978, S. 170 ff.; Killermann 1980, S. 21) Im Zu-

sammenhang damit wird auch die Versuchsanordnung zunehmend vereinfacht.

- Gezielte Beobachtungsaufträge des Lehrers engen das Blickfeld der Schüler ein.

Im folgenden Abschnitt werden die hier vorgetragenen Gedanken zur Vereinfachung durch konkrete Beispiele belegt.

2.2 Modelle zum Beutefangverhalten der Erdkröte in der Sicht des Faches Biologiedidaktik

Nach den vorangehenden allgemeinen Gedanken über Modelle werden jetzt Überlegungen zu speziellen Modellen zum Beutefangverhalten der Erdkröte angestellt.

2.2.1 Anatomische Modelle

In der Verhaltenslehre spielen anatomische Modelle kaum eine Rolle. Bei ihrem Einsatz im Biologieunterricht können sie sogar insofern als Fehlansatz aufgefaßt werden, als dahinter versteckt die Annahme steht: Zuerst sind die Organe vorhanden und diese sind die Ursache eines ihnen entsprechenden Verhaltens; z.B. die Anatomie der Krötenzunge mißverstanden als Ursache für den Zungenschlag beim Beutefang. Durch die Anatomie wird Verhalten nicht festgelegt. Verhalten formt Anatomie. "Viele Forscher kamen .. bei Verhaltensstudien zum .. Ergebnis, daß .. Verhaltensänderungen körperbaulichen Änderungen vorausgehen." (Wickler 1975, S. 203)

2.2.2 Funktionsmodelle

Die Bildfolge zum Zungenschlag der Erdkröte (Abb. 2) wird als Funktionsmodell aufgefaßt. Durch diese Bildfolge erhalten die Schüler Hinweise über zusätzliche Einzelheiten des

Abb. 2

Bildfolge:
Beidäugiges Beute-
fixieren und
Zungenschlag



Die Kröte
fixiert
ihre Beute.



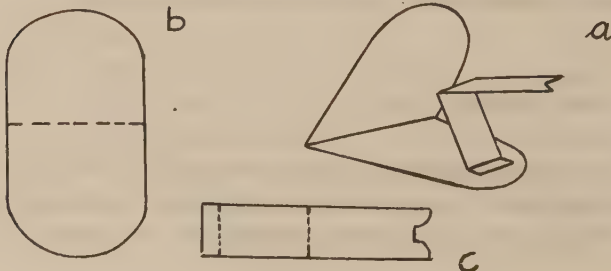
Die Zunge wird
vorgeschnellt.
An der ver-
dünn-
ten
Stelle



... knickt die
Zunge zurück
und wird einge-
zogen.

Abb. 3

"Modell vom Froschmaul mit der herausklappbaren Zunge;
b Schnittmuster vom Maul, c von der Zunge. An den
punkttierten Linien sind die Teile zu falzen; a zeigt,
wie die Zunge in das Maul geklebt wird." (Garms 1969)



Verhaltensablaufs beim Beutefang. Sie entdecken, daß Verhalten in kleinste Abschnitte unterteilt werden kann. Zugleich werden Bau und Funktion der Zunge erkennbar.

Im Gegensatz dazu macht ein Modell von Garms (1969, S. II/82 L) keine Aussage über ein mögliches zielgerichtetes Verhalten. (Abb.3)

2.2.3 Instinktmodelle

Wiederholt wurde versucht, die Grunderscheinungen des Verhaltens von Lebewesen von außen her durch Beobachtung und Beschreibung modellhaft zu einem Gesamtbild zusammenzufügen, um so die Organisation dieses Verhaltens in übersichtlicher Weise darzustellen. Das ordnende Prinzip im Verhalten wurde mit dem Begriff Instinkt umschrieben und die entwickelten Modelle wurden als "Instinktmodelle" bezeichnet. Tinbergen (1972, S. 119 f.) wählt als Beispiel die Zentrenhierarchie des Hauptinstinkts Fortpflanzungsverhalten des männlichen Stichlings.

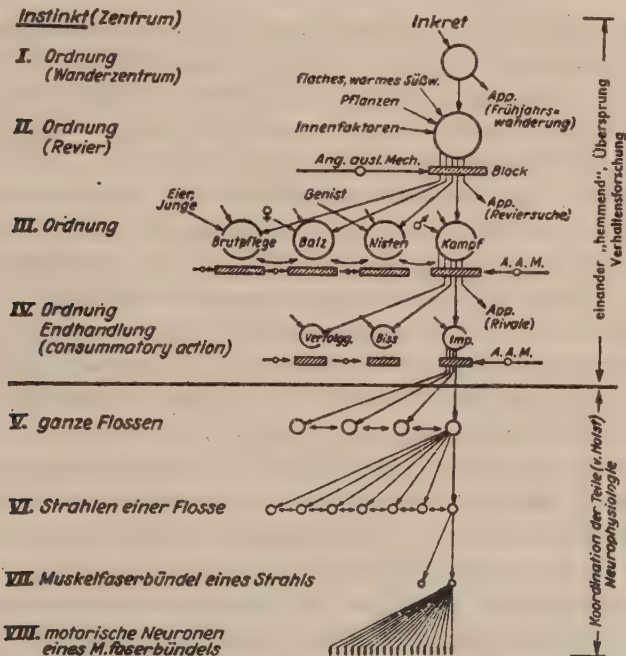


Abb.4

Instinktmodell nach Tinbergen, dargestellt durch das Fortpflanzungsverhalten des männlichen Stichlings. Es wird eine abgestufte Reihenfolge einander zugeordneter Instinktzentren angenommen.

Deutlich wird das Modellhafte seines Vorschlags gekennzeichnet: "Nochmals sei ausdrücklich betont, daß diese Zeichnungen nichts mehr als eine Arbeitshypothese sein sollen, um unsere Vorstellungen ordnen zu helfen."

Auch Baerends entwirft eine Hierarchie der Instinkte.

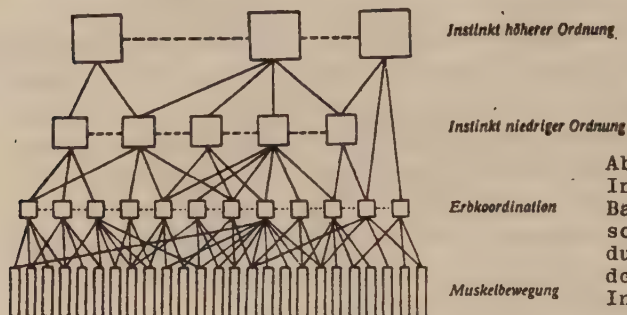


Abb. 5
Instinktmodell nach Baerends mit unterschiedlichen Verbindungsmöglichkeiten der einzelnen Instinktzentren.

Lamprecht (1972, S. 67) kommentiert treffend das Baerends'sche Hierarchieschema: "Besonders deutlich kommt hier die wichtige Tatsache zum Ausdruck, daß untergeordnete Zentren sehr oft von mehreren höheren kontrolliert werden. Das führt dazu, daß viele elementare Bewegungen, wie Laufen, Beißen usw., in ganz verschiedenen funktionellen Zusammenhängen auftreten können." Das komplexe und abstrakte Beziehungsgefüge dieser Instinktmodelle mit einer Vielzahl von hemmenden und zusammenwirkenden Instanzen bleibt Hauptschülern weitgehend unzugänglich. Bei den meist praktisch veranlagten Hauptschülern stößt die Technik des hydraulischen Instinktmodells von Konrad Lorenz (1967, S. 256) auf mehr Verständnis. Dieses veranschaulicht sehr eindrucksvoll das Zusammenwirken von auslösendem Reiz und innerer Handlungsbereitschaft beim Zustandekommen eines Verhaltensablaufs. Hauptschüler können dieses Modell mit Hilfe des folgenden Arbeitsblattes richtig auffassen. Auf den Unterschied zwischen mechanischen Vorgängen bei Maschinen und dem zentralnervös gesteuerten Verhalten bei Tieren sind die Schüler mit Nachdruck hinzuweisen. Der Maschinenvergleich ist als Hilfestellung für das Verständnis von Lebensvorgängen aufzufassen.

Arbeitsblatt: Hydraulisches Instinktmodell nach K. Lorenz

Maschinenvergleich:

Wasserstand

Zuggewicht

Druck der Ventillfeder

Wasserablauf

Wassertank

- innere Handlungsbereitschaft

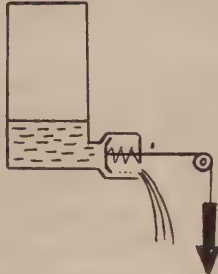
- Auslösereiz

- Reizschwelle

- Verhaltensablauf

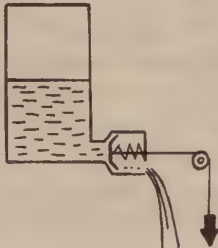
- Instinktzentrum

1. Bei niedrigem Wasserstand bedarf es eines schweren Zuggewichtes, um den Druck der Ventillfeder zu überwinden und den Wasserablauf zu verursachen.



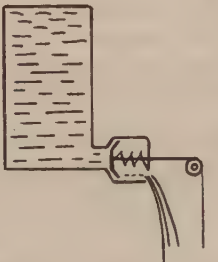
Bei *geringer innerer Handlungsbereitschaft* bedarf es eines *starken Auslösereizes* *die Reizschwelle* zu überwinden und einen *Verhaltensablauf* zu veranlassen.

2. Bei mittlerem Wasserstand bedarf es nur eines durchschnittlichen Zuggewichtes, um den Druck der Ventillfeder zu überwinden und den Wasserablauf zu bewirken.



Bei bedarf es nur eines um die zu überwinden und einen zu verursachen.

3. Bei höchstem Wasserstand bedarf es keines Zuggewichtes, um den Druck der Ventillfeder zu überwinden und den Wasserablauf zu veranlassen.



Bei bedarf es um die zu überwinden und einen zu bewirken.

(Weiterentwickelt in Anlehnung an Bunk/Tausch 1975, S. 210 ff.)

Abb. 6

Instinktmodell nach Lorenz. Durch den Maschinenvergleich soll den Schülern bewußt werden, daß für das Zustandekommen einer Verhaltensweise äußere und innere Kräfte notwendig sind.

Konrad Lorenz (1970, S. 284) nahm schon 1937 gegenüber dem Instinkt-begriff eine ablehnende Haltung ein: "Heinroth hat, um die Vieldeutigkeit des Wortes "Instinkt" zu umgehen, statt "Instinkt-handlung" den Ausdruck "arteigene Triebhandlung" angewendet, der an sich zweifellos die bessere Bezeichnung ist." Anstelle eines "Instinktmodells" empfiehlt Schöne - unter Vernachlässigung des ungenauen Begriffs Instinkt - die Einführung des Begriffs "Handlungsbereitschaft". Die Abb. 7 zeigt modellhaft diesen modernen Forschungsansatz der Ethologie. (Becker-Carus u.a. 1972)

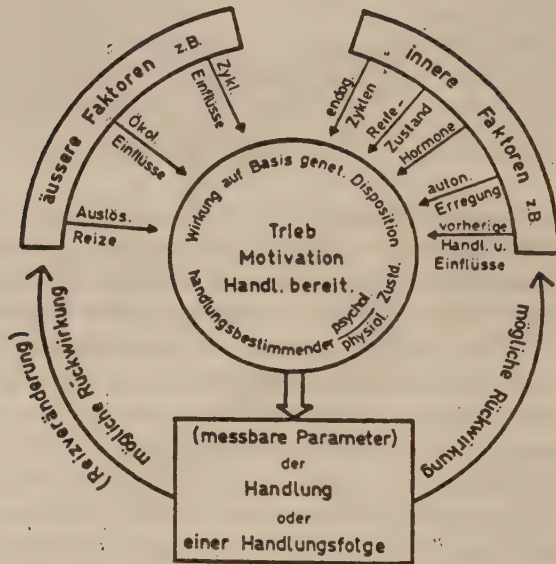


Abb. 7
Motivations-Schema nach Becker-Carus, Schöne u.a.
anstelle eines Instinktmodells. Es werden innere
und äußere Faktoren aufgezählt, die Anlaß für den
Ablauf einer Handlungsfolge sein können.

Dieses Schema ist für Schüler achter Jahrgangsstufen an Hauptschulen zu abstrakt. Für Uneingeweihte bleibt es aus Mangel an fachlichen Kenntnissen inhaltsleer. Die durch Abb. 7 aufgezeigten Zusammenhänge können aber mit Hilfe einer ethologischen Einheit dargestellt werden. Dabei werden diejenigen Faktoren herausgegriffen, die den Hauptschülern zugänglich sind.

Bestandteile einer Verhaltenseinheit:

1. Handlungsbereitschaft (z.B. Hunger als ein innerer Faktor)
2. Schlüsselreiz (z.B. Gestalt der Beute als ein äußerer Faktor)
3. Auslösemechanismus (z.B. "Gestaltfilter")
4. Handlungsfolge (z.B. Beutefang)

2.2.4 Schlüsselreiz und Auslösemechanismus

Ewert (1975/8, S. 247) stellt fest: "Schlüsselreize sind Signale, die beim Tier ein festes, häufig angeborenes Verhaltensprogramm - gleichsam wie der Schlüssel ein Schloß - aufschließen. Das neuronale Filtersystem, das erkennt, ob der Schlüssel in das Schloß paßt, wird in der vergleichenden Verhaltensforschung angeborener Auslösemechanismus (AAM) genannt." Der Vergleich Schlüssel - Schloß wird fast durchweg von allen Biologielehrern als modellhafter Vergleich für Schlüsselreiz und Auslösemechanismus verwendet. Es entsteht hier das Problem, daß die sehr handgreiflich und gegenständlich aufzufassenden Bezeichnungen Schlüssel und Schloß als zusätzliche technische Maschinenvergleiche eingeführt werden. Können Schloß und Schlüssel wirklich die tatsächlichen funktionellen Zusammenhänge von Auslösemechanismus und Schlüsselreiz beschreiben? Diese Frage stellte sich Schleidt (1962, S. 702). Für ihn beruht die "... Selektivität des AAM nicht auf dem Schloß - Schlüssel - Prinzip.". Er schreibt: "Mir ist keine Schloßtype bekannt, die mit einem "Überschlüssel" besser zu öffnen wäre, als mit dem eigens für sie hergestellten (der Dietrich ist ein Universalschlüssel, der die vom Konstrukteur des Schlosses angestrebte Selektivität umgeht!) oder die durch mehrere Schlüssel besser zu öffnen wäre als mit einem allein." "Überschlüssel" steht hier für "übernormale Reize" und "mehrere Schlüssel" für "Reizsummation". Reizsummenregel und übernormale Attrappe zeigen also die Grenzen des Schlüssel-Schloß-Vergleichs. Schleidt empfiehlt deshalb, den Ausdruck Kennreiz anzuwenden. Zusätzlich muß noch angemerkt werden, daß der Maschinenvergleich mit Schlüssel

und Schloß die Spontaneität des Zentralnervensystems übersieht. Die falsche Vorstellung wird wachgerufen, daß Außenreize allein ausreichen, um ein entsprechendes Verhalten hervorzurufen; genügt es doch, den Schlüssel ins Schloß zu stecken und von außen umzudrehen, damit sich das Schloß öffnet. Wenn trotzdem der Begriff Schlüsselreiz im Unterricht beibehalten wird, dann nur deshalb, weil dieser traditionell fest eingeführt ist und auch durch Lehrpläne zur Zeit verbindlich vorgeschrieben wird. Nur sollte kein Schlüssel-Schloß-Vergleich angestellt werden.

Die Unterteilung des Auslösemechanismus in AAM (angeborener Auslösemechanismus), EAAM (durch Erfahrung ergänzter angeborener Auslösemechanismus) und EAM (erworbener Auslösemechanismus) wird in dieser Untersuchung nicht besprochen. Im Hauptschulunterricht wird vereinfachend nur ein allgemeiner Auslösemechanismus (AM) angenommen.

Schleidt (1962, S. 716) faßt den Begriff AM sehr differenziert auf: "Wenn .. kurz vom "Auslösemechanismus" die Rede ist, so verstehe ich darunter nicht nur die Instanz, welche eine Reaktion unmittelbar auslöst, sondern im weiteren Sinn auch ein System, welches einige der folgenden Leistungen oder sie alle erfüllen kann: a) Selektivität für bestimmte Reize, b) Integration verschiedener Reize, c) Verknüpfung zwischen Reiz und Reaktion, d) Abhängigkeit von Stimmungen und e) Ankoppelung von Lernmechanismen." Aus Gründen einer weiteren Vereinfachung wird aus diesem Komplex nur die Reizfilterwirkung ("Selektivität für bestimmte Reize") herausgegriffen. Ewert (1975/8, S. 247): "Der Begriff "angeborener Auslösemechanismus, AAM" als Filter- bzw. Erkennungssystem für "Schlüsselreize" findet zentrales Interesse ... Der Vorteil bei der Analyse von "angeborenen Erkennungssystemen" besteht in drei wichtigen Punkten:

1. Der Schlüsselreiz läßt sich quantitativ beschreiben.
2. Seine Bedeutung für das Verhalten kann aus der Verhaltensaktivität ermittelt werden.
3. Das angeborene Verhalten (Instinkthandlung) ist konstant reproduzierbar."

Auch von Ewert wird also der weitläufige Begriff Auslösemechanismus - in diesem Fall nicht aus didaktischen sondern aus forschungsstrategischen Gründen - eingeengt auf Filter- bzw. Erkennungssystem.

Schleidt (1962, S. 719) bemerkt: "Es bestätigt sich die Vermutung von LORENZ (1943), daß

- a) in manchen Fällen die Filterwirkung eines Sinnesorganes ausreicht, um eine selektive Empfindlichkeit für bestimmte Reize zu erklären,
- b) in anderen Fällen wirken Filterwirkungen von Sinnesorganen und nachgeschalteter neuraler Strukturen zusammen. Daher ist es notwendig, die Sinnesorgane grundsätzlich in den AAM mit einzubeziehen."

Bei der Beuteerkennung durch die Erdkröte wirken Sinnesorgane und Gehirnstrukturen zusammen.

Zu a)

Für die Sinnesorgane wird im Unterricht die Filterwirkung des Auges im Hinblick auf den Schlüsselreiz Bewegung herausgegriffen. Autrum (1959, S. 435) entdeckte das Fehlen unwillkürlicher Augenbewegungen beim Frosch: "Bei *Rana temporaria* und *R. esculenta* konnten keine spontanen, unwillkürlichen Augenbewegungen gefunden werden, solange die Gegenstände im Sehfeld des Frosches ruhten." Daraus folgerte er, daß durch das Fehlen der spontanen Augenbewegungen "... bereits peripher im Auge ein relativ zum Tier ruhender Gegenstand keine Signale mehr erzeugt, die zum Zentralnervensystem geschickt werden." Die Netzhaut des Wirbeltierauges nimmt nur bewegte Gegenstände wahr. Für den Unterricht genutzt werden kann die leicht darstellbare Tatsache, daß die Kröte nur sich bewegende Beutetiere erkennen kann. Zuerst ist jedoch für die Schüler die Frage zu klären: Warum sehen wir Menschen ruhende Gegenstände, was doch offensichtlich bei der Kröte nicht der Fall ist. "Zwar kann auch unser Auge statische Netzhautbilder auf Grund der Lokaladaptation nicht wahrnehmen. Wir können jedoch der Adaptation entgegenwirken, indem das abgebildete Muster vermöge feinschlägiger Augenrucke - den sogenannten unwillkürlichen Augenbewegungen - über ein Netzhautareal verschoben und damit in Bewegungsreize überführt wird." (Ewert 1976, S. 63)

Ein geeigneter Schülereigenversuch zur Darstellung der unwillkürlichen Augenbewegungen beim Menschen ist folgender: "Die rasche unbewusste Augenbewegung kann man ertasten, wenn man einen Finger an ein geschlossenes Auge hält und vor dem anderen Auge z.B. ein Buch seitlich vorbeizieht." (Daumer/Hainz 1979, S. 25) Problemfrage an die Schüler: Erdkröten führen keine unwillkürlichen Augenbewegungen durch. Erkläre die Bedeutung der Beutebewegung für die Kröte! (vgl. Ewert 1976, S. 63)

(Anm.: Beim Augenzittern zur Vermeidung der Adaptation handelt es sich um einen Mikrotremor, der im Unterricht nicht dargestellt werden kann. Der Lehrer muß sich bewußt sein, daß er nur den (optokinetischen) Nystagmus veranschaulichen kann. Offen bleibt die Frage, inwieweit der Mikrotremor als eine Sonderform des optokinetischen Nystagmus - nicht des Drehnystagmus! - aufgefaßt werden kann.)

Zu b)

Für das Zusammenwirken von Sinnesorganen und nachgeschalteten neuronalen Strukturen steht als Beispiel das Modell für das Beute-Erkennen der Erdkröte zur Verfügung. (Ewert 1975a, S. 94)

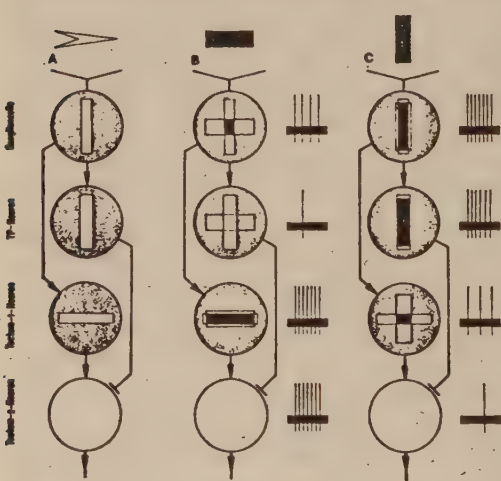


Abb. 8
Einfaches Modell nach Ewert
für das Beute-Erkennen durch
Kröten auf der Basis von
gegenseitigen Einflüssen
zwischen neuronalen
"Gestaltfiltern".

Das Modell basiert auf ethologischen und neurophysiologischen Untersuchungsergebnissen. Nach Ewert (1975b, S. 248) "scheinen den angeborenen Auslösemechanismen für das Beutefang- und Fluchtverhalten der Kröte mindestens drei fundamentale Informationsverarbeitungsprozesse zugrunde zu liegen ...

1. Die Informationsfilterung auf dem Niveau der Netzhaut ...

2. Die Gestaltanalyse durch neuronale Gestaltfilter auf der Stufe des Zwischen- .. und Mittelhirns .. .
3. Der Erkennungsprozeß im eigentlichen Sinne durch Interaktionen zwischen den Gestaltfiltern .. ."

Diesen Erkennungsprozeß hat Ewert modellhaft abgebildet. Dieses Modell ist für den Unterricht an Hauptschulen zu kompliziert. Beim Herausgreifen nur einer Neuronenpopulation, z.B. der Tectum-1-Neuronen, zum Zwecke einer Vereinfachung des Modells muß festgestellt werden, daß es sich dabei um ein untaugliches Vorgehen handelt. Keiner der Gehirnabschnitte - Ganglienzellen, TP-Neuronen, Tectum-1-Neuronen, Tectum-2-Neuronen - kann für sich allein sinnvoll arbeiten. Werden durch einen künstlichen Eingriff Gehirnabschnitte ausgeschaltet, so ist ein deutliches Fehlverhalten der betreffenden Tiere die Folge. Fehlen z.B. die TP-Neuronen, dann können Kröten Beute und Feind nicht mehr voneinander unterscheiden. Eine weitere Vereinfachung würde also zum Zusammenbruch dieses Modells führen. Wie kann dieses Modell für Unterrichtszwecke gestaltet werden, ohne an seiner sachlichen Aussage etwas zu ändern? Wie kann die Aussage dieses Modells den gleichen Gültigkeitsumfang über den gleichen Gegenstand unter gleichem Aspekt beibehalten? Ewert (1975/8, S. 248) selbst zeigt den Weg, wie das zu geschehen hat. Er interpretiert die an der Informationsverarbeitung beteiligten Neuronen insgesamt als "Gestaltfilter". Er schreibt: "Solche Nervenzellen .. "repräsentieren" in ihrer Antwortcharakteristik annäherungsweise den Schlüsselreiz "Beute"."

Im Unterricht der Hauptschule kann es lediglich darum gehen, das Modell des "Gestaltfilters" in seiner Funktion als Auslösemechanismus darzustellen.

Bei der Analyse von Schlüsselreizen für das Beutefangverhalten von Erdkröten entdeckte Ewert (1976, S. 72) durch die Untersuchung des Einflusses von Gestaltfaktoren unter anderem folgendes Phänomen: " .. wurm- und käferähnliche Objekte sind für die Kröte besonders attraktiv; ein derartiges Objekt um 90° gedreht und mit seiner Längsachse quer zur horizontalen

Bewegungsrichtung bewegt, bildet einen Reiz, der in ihr Beuteschema offensichtlich nicht eingeplant ist: auf dem Kopf gehende Würmer gibt es für die Kröte nicht." Entsprechende Attrappenversuche wurden von mir in der Arbeitsgruppe Neuroethologie und Biokybernetik der Gesamthochschule Kassel nachgestellt. (vgl. Anh. 2, Abb. 36, S. 120) Die beiden Attrappen "Wurm" [REDACTED] und "Antiwurm" sind geeignet, den Schülern die Merkmalsfilterung des Schlüsselreizes Gestalt durch einen vermuteten "Gestaltfilter" verständlich zu machen.

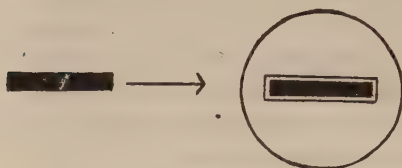


Abb. 9
Einfaches Modell für Hauptschüler für das Beute-Erkennen der Kröte. Die Kröte wird beutefangaktiv, wenn die Gestalt der Beute in den "Gestaltfilter" hineinpaßt. Demonstration im Unterricht durch ein Arbeitstransparent.

Sehr eindrucksvoll für die Schüler ist ein Verhaltensversuch, bei dem derselbe Mehlwurm an einem Zwirnfaden zuerst waagrecht und anschließend senkrecht hängend hinter einer Glasscheibe an einer Kröte vorbeibewegt wird. Gegenüber einem senkrechten Mehlwurm zeigen die meisten Erdkröten keine Zuwendung. Dieser Sachverhalt ließe sich auch mit dem Schlüssel-Schloß-Vergleich erklären. Der Vergleich ist jedoch unbrauchbar für das Verhalten einzelner Erdkröten, die sich einem vorbeibewegten senkrecht hängenden Mehlwurm zuwenden, da hier der Schlüssel nicht ins Schloß paßt und dieses trotzdem öffnet. Der "Gestaltfilter" hingegen erklärt auch diesen Vorgang: Die Erdkröte erkennt einen Teil der Beute,

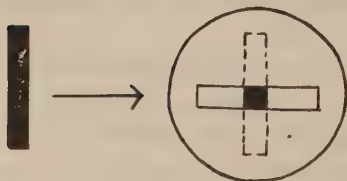


Abb. 10
Bewegliche Beuteattrappe und Arbeitstransparent mit eingezeichnetem "Gestaltfilter". Während der Schlüssel-Schloß-Vergleich bei der Klärung der Begriffe Schlüsselreiz und Auslösemechanismus nur formal helfen kann, ermöglicht der "Gestaltfilter" darüber hinaus eine anschauliche Darstellung des Erkennungsvorganges beim Beutefang der Kröte.

2.2.5 Black-box und Funktionsschaltbilder

Durch Funktionsschaltbilder werden die kybernetischen Aspekte der Funktion des Zentralnervensystems (ZNS) sehr stark vereinfacht dargestellt. Sie können als erster Schritt bei der Aufklärung der Black-box des ZNS aufgefaßt werden. Verhaltensversuche, einschließlich Attrappenversuche, können im Unterricht dazu beitragen, die absolute Black-box soweit aufzuklären, daß von den Schülern wenigstens einige Modelle für Funktionsprinzipien von Verhaltensweisen verstanden werden. Die Funktionsschaltbilder Hassensteins (1973, S. 172 ff.) erklären auf einfache Weise das Auslösen von Verhaltensweisen und die Verhaltenssteuerung.

1. "Verhaltenssteuerung durch äußere Reize und innere Bedingungen . . . Die Reaktionsstärke ergibt sich aus zwei Bedingungen, der Reizbeschaffenheit und dem Aktivierungsgrad der Bereitschaft. Diesen Sachverhalt bezeichnet man .. als doppelte Quantifizierung .. ."

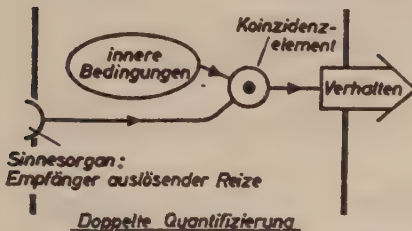


Abb. 11
Idealisiertes Funktionsschaltbild für die doppelte Quantifizierung von Verhaltensweisen.
(Hassenstein 1973)

2. "Idealisiertes vereinfachtes Funktionsschaltbild für eine Reaktion, die durch eine bestimmte Reizkombination ausgelöst wird." ...

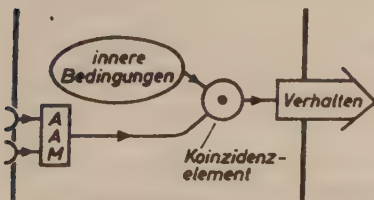


Abb. 12
Idealisiertes Funktionsschaltbild mit angeborenem auslösendem Mechanismus (AAM). Von den Sinneszellen eintreffende Meldungen werden daraufhin analysiert, ob die reaktionsauslösende Reizkombination vorliegt. (Hassenstein 1973)

Diese beiden Funktionsschaltbilder werden den Hauptschülern durch Umformulierung und Ergänzung verständlich gemacht.

1. Funktionsschaltbild für bereitschaftsabhängiges Verhalten

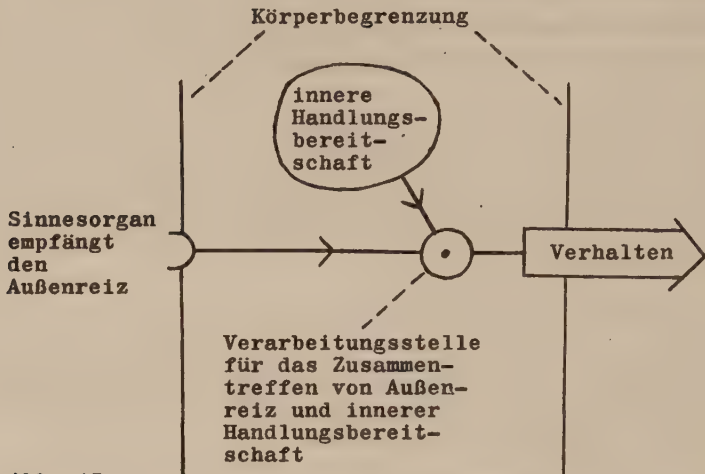


Abb. 13
Sinngemäß umformuliertes Funktionsschaltbild für die doppelte Quantifizierung von Verhaltensweisen.

2. Für Hauptschüler vereinfachtes Funktionsschaltbild

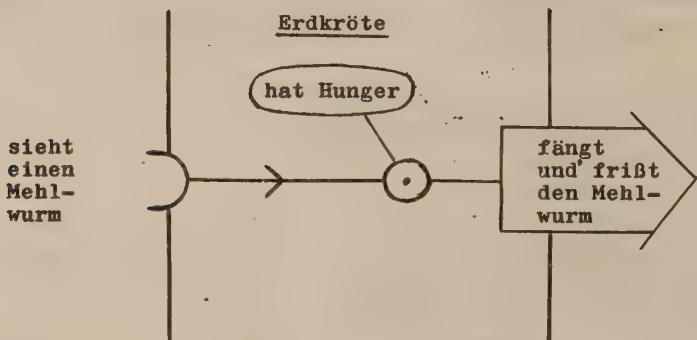


Abb. 14
Darstellung des konkreten Handlungsvollzugs beim Beutefang der Kröte durch das Funktionsschaltbild. Text: Wenn eine Erdkröte Hunger hat und einen erreichbaren Mehlwurm sieht, dann fängt und frisst sie ihn.

3. Funktionsschaltbild - ergänzt durch erklärende Beispiele

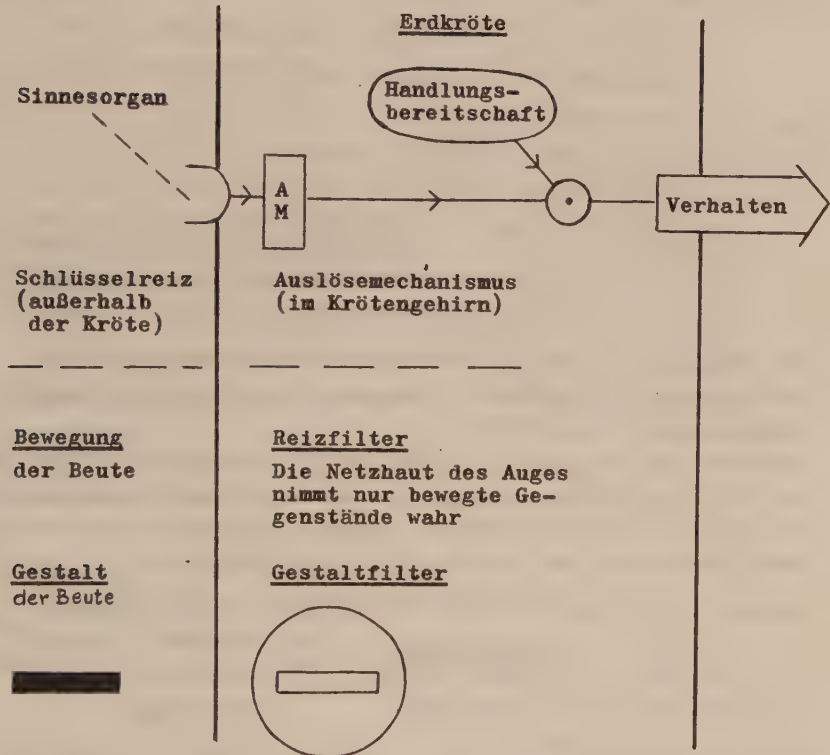


Abb. 15

Das Funktionsschaltbild wurde für den Unterricht durch konkrete erklärende Beispiele für die verhaltenskundlichen Begriffe Schlüsselreiz und Auslösemechanismus (AM) ergänzt.

Auf einer Folie für den Overheadprojektor kann eine aus schwarzem Kartonpapier ausgeschnittene Beuteattrappe in den Gestaltfilter hineinbewegt werden.

An der sachlichen Aussage der Modelle wird nichts geändert. Ihr Aussageumfang bleibt gleich.

2.2.6 Attrappen

Wendler (1965, S. 287) versteht "... Attrappe als Modell des ursprünglichen Senders ... "

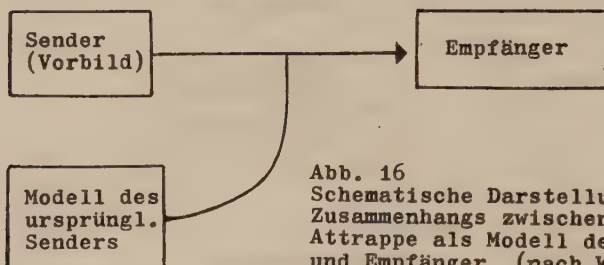
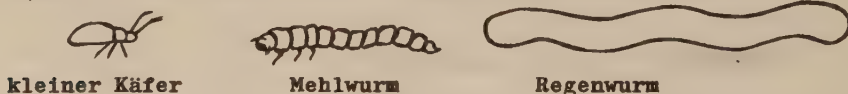


Abb. 16
Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Sender, Attrappe als Modell des Senders und Empfänger. (nach Wendler)

Die Attrappe "... wird in einem bestehenden Kommunikationssystem anstelle des Senders eingesetzt und dient zur Erforschung des Empfängers."

Ausgehend von der tatsächlichen Gestalt der Beute bereitet es den Schülern keine Schwierigkeit, Attrappen aus schwarzem Karton selbst auszuschneiden. Die Schüler fertigen zuerst naturnahe Silhouetten von Beutetieren der Erdkröte an.

Abb. 17 Silhouetten von Beutetieren der Erdkröte.



kleiner Käfer

Mehlworm

Regenwurm

Anschließend werden sie angehalten, die Gestalt der Beutetiere als aneinandergereihte kleine Quadrate aufzufassen.

Abb. 18 Attrappen von Beutetieren der Erdkröte.



kleiner Käfer

Mehlworm

Regenwurm

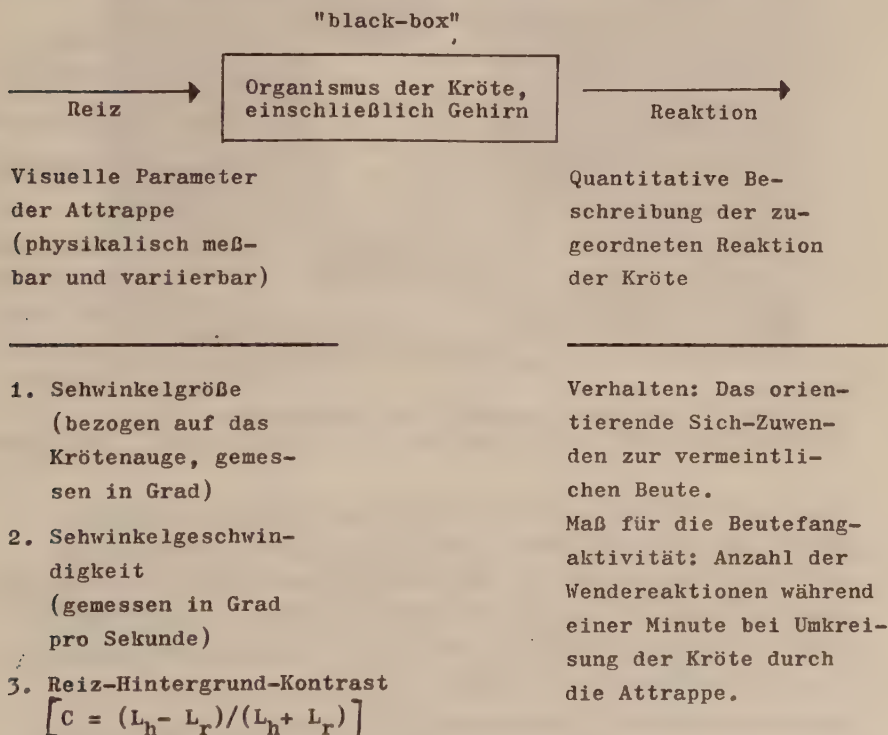
Auf diese Weise wird den Schülern bewußt, daß Attrappen nur wesentliche Gestaltmerkmale wiedergeben.

2.2.7 Black-box und Attrappenversuche

Bei Attrappenversuchen wird die Erdkröte als Black-box aufgefaßt. Durch Vereinfachung von Arbeitsmethode und Versuchsanordnung wird das Forschungsmodell der Black-box zum Erkundungsmodell für den Unterricht.

a) Vereinfachung der Arbeitsmethode

Vorgehen nach Ewert (1972, S. 1) bei der Analyse des Schlüsselreizes Beute durch Attrappenversuche. Darstellung der angewendeten Arbeitsmethode durch eine Überblicks-Skizze Ewerts:

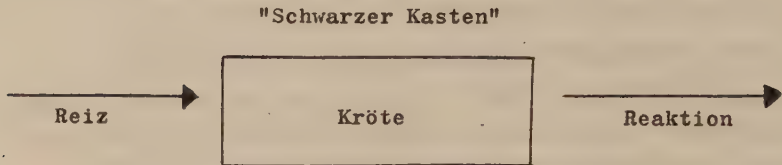


Konstantgehalten werden Sehwinkelgeschwindigkeit und Reiz-Hintergrund-Kontrast.

Abb. 19

Black-box-Schema mit Erläuterungen der Arbeitsmethode Ewerts für wissenschaftliche Attrappenversuche.

Vereinfachte Anwendung der Arbeitsmethode Ewerts für den Hauptschulunterricht:



Sichtbare Merkmale
der Attrappe

1. Gestalt der Attrappe
2. Bewegungsgeschwindigkeit
3. Kontrast der Attrappe
gegen den Hintergrund

Beschreibung des
Verhaltens der Kröte

Verhalten: Zuwendung
zur Attrappe.

Maß für die Beutefang-
aktivität: Anzahl der
Zuwendungen bei einer
Umkreisung der Kröte
durch die Attrappe.

Abb. 20

Black-box-Schema der vereinfachten Arbeitsmethode für Attrappenversuche in Schulklassen mit Erläuterungen. (nach Ewert)

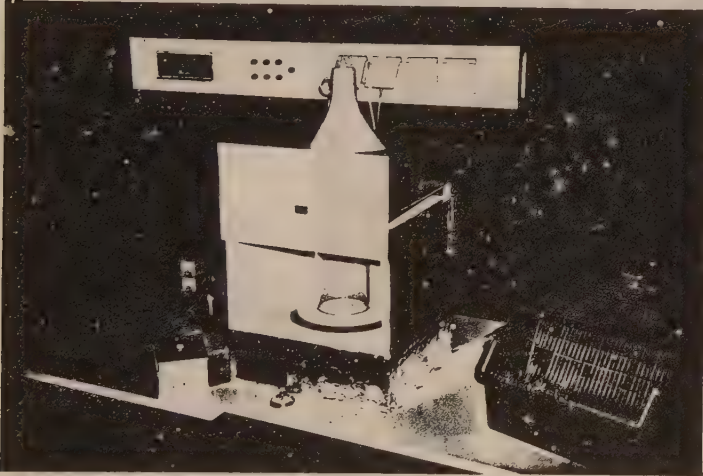
Die Ausdehnung der Gestalt der Attrappe wird in mm angegeben. Die Attrappe bewegt sich 7 - 8 cm von der Kröte entfernt um diese herum. Die Bewegungsgeschwindigkeit soll gleichmäßig sein und etwa 3 cm je Sekunde betragen. Bewegt wird die Attrappe durch Handbetrieb oder durch einen Antriebsmotor von Fischer-Technik (Spielwaren).

Die vereinfachte Beobachtungsliste für Attrappenversuche der Schüler (siehe Anlage 2, S. 91, Abb. 34) zeigt einen ähnlichen Aufbau wie die Beobachtungslisten der Studie. (siehe Anhang 2, S. 127-130)

b) Vereinfachung der Versuchsanordnung

Nicht nur die Arbeitsmethode ist für den Schulunterricht zu vereinfachen, sondern auch die Versuchsanordnung.

Abb. 21 Versuchsanordnung für Attrappenversuche mit Erdkröten der Arbeitsgruppe Neuro-Ethologie und Biokybernetik an der Gesamthochschule Kassel



Die Abbildung zeigt die Geräte der Versuchsanordnung, mit deren Hilfe die Verhaltensversuche der Studie (s. Anhang 2) durchgeführt wurden. Mit diesem Kasten kann nur eine Person Versuche anstellen. In achten Hauptschulklassen ist jedoch mit etwa 30 Schülern zu rechnen. Alle Schüler müssen am Unterricht teilnehmen können. Die Geräte sollten so beschaffen sein, daß sie wahlweise bei Demonstrations- oder bei Schülerarbeitsgruppenversuchen Verwendung finden können.

Von dieser Versuchsanordnung wurde eine Vereinfachungsreihe entworfen.

1. Attrappenkasten mit "Spionglas" für vereinfachte quantitative Versuche im Unterricht (Konstruktionsplan s. Anl. 1)

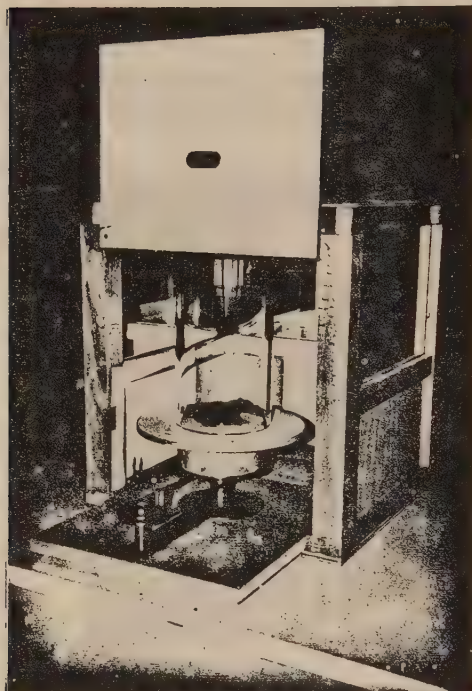


Abb. 22
Attrappenkasten.
Versuchsanordnung für
einfache quantitative
Attrappenversuche mit
Erdkröten im Unterricht.

Drei Seitenwände des Attrappenkastens sind mit Doppelspiegелglas ausgestattet. Wird der Innenraum ausgeleuchtet, dann können die Schüler von außen in den Kasten hineinsehen; die im Innenraum untergebrachte Kröte kann aber nicht nach außen sehen, wird also durch Bewegungen der Schüler nicht beeinflusst. Der Kasten erhielt eine Milchglasabdeckung. Auf die kreisförmige Bühne im Inneren des Kastens wird ein Glaszylinder gestellt, in dem sich die Kröte während der Versuche aufhält. Die Holzteile im Blickfeld der Kröte sind zur Kontrasterhöhung mit weißer Papierfolie beklebt. In den 7. - 9. Jahrgangsstufen der Hauptschule kann dieser Kasten bis auf das Zuschneiden der Gläser während des Unterrichts im Fach Tech-

nisches Werken angefertigt werden. Der Antriebsteil ist anstatt aus Messing auch aus Holz herstellbar.

2. Attrappenarena für stark vereinfachte quantitative und für qualitative Versuche im Unterricht (Konstruktionsplan s. Anlage 1)

Abb. 23 Attrappenarena.



An Gefangenschaft gewöhnte Erdkröten werden in einer offenen Attrappenarena vorgeführt. Diese hat eine niedrige Seitenbande, über welche die Schüler leicht hinwegblicken können. Die Antriebsvorrichtung ist aus Holz. Die runde Arena-Wand kann aus weißem Karton hergestellt werden. Der Keilriemen besteht aus einem 4 mm starken Rundgummi ("Lastex" mit weißen Textilfäden umspinnen).

3. Glasscheibe für qualitative Attrappenversuche

G. Hinsche (1928) bot zwanzig Kröten Serien von verschiedenen langen Blindschleichen hinter Glasscheiben dar. (vgl. Eibl-Eibesfeldt 1952, S. 16) Solche Untersuchungen können mit Attrappen besser durchgeführt werden. Die Attrappe kann

systematischer variiert werden, als dies bei natürlichen Beutetieren möglich ist. In Anlehnung an die Versuchsanordnung Hinsches ist ein noch weiterer Schritt bei der Vereinfachung von Attrappenversuchen möglich. Erforderlich ist lediglich eine Glasscheibe von etwa 5 mm Stärke und der ungefähren Abmessung 30 cm x 50 cm. Die Glasscheibe wird von einem seitlich stehenden Schüler gehalten. Zur Kontrasterhöhung und zum Verhindern eines Abrutschens der Scheibe steht diese auf einer weißen Gummiunterlage. Die an den Kröten vorbeibewegten Attrappen sind an einem weißen Zwirnfaden befestigt.

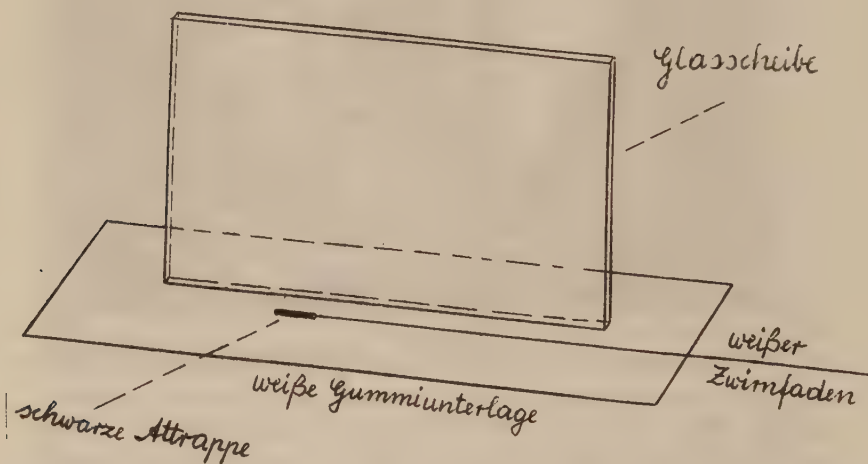


Abb. 24 Versuchsanordnung mit einer Glasscheibe für qualitative Attrappenversuche.

Statistisch auswertbare Verhaltensversuche mit Erdkröten an Hauptschulen sind aus vielen Gründen nicht möglich. Nur einige seien genannt:

- Die geringe Zahl der Versuchstiere.
- Der Mangel an Zeit.
- Das Fehlen der erforderlichen Versuchseinrichtungen und -geräte.

- Die Versuchsbedingungen können nicht konstant gehalten werden, wie z.B. die Bewegungsgeschwindigkeit der Attrappen.
- Die Schüler können notwendige Rechen- und Auswertungsverfahren nicht anwenden.
- Attrappen werden von den Schülern mit der Schere ungenau geschnitten.

Unterrichtsablauf beim Einsatz von Attrappenversuchen:

1. Schaffen einer Problemsituation durch den Lehrer.
Denkanstoß: Die Erdkröte erkennt ihre Beute. Sie versucht nicht, eine große Ringelnatter zu fressen. Erkläre!
2. Problemformulierung - wenn möglich durch Schüler:
An welchen Gestaltmerkmalen erkennt die Erdkröte ihre Beute?
3. Vorläufige Schülervermutungen.
4. Begriffserklärung Attrappe.
Beispiel: Gestalt der Beute.
5. Formulierung des Untersuchungsziels:
Bei welcher Beuteattrappe vollführt die Kröte die meisten Zuwendungen?
6. Gelenkte Planung der Attrappenversuche.
Vorschläge der Schüler zur Versuchsdurchführung.
Arenakasten, Kröten, Material und Geräte für die Attrappenherstellung werden den Schülern zur Verfügung gestellt.
7. Attrappenanfertigung durch die Schüler.
8. Attrappenversuche.
Lehrerdemonstrationen mit den Attrappen der Schüler.
9. Die Schüler füllen Beobachtungslisten aus.
Vortrag der Beobachtungsergebnisse durch Schüler.
Feststellen und Festhalten der Untersuchungsergebnisse.

10. Schlußfolgerungen der Schüler aufgrund ihrer Beobachtungen.
11. Überprüfung der Ergebnisse der Attrappenversuche an der Naturwirklichkeit. Das Beutefangverhalten der Erdkröte wird mit lebenden Beutetieren ausgelöst. Die Schüler stellen fest, daß ein 2 cm langer Mehlwurm dieselbe Beutefangaktivität hervorruft, wie die wirksamste Beuteattrappe.
12. Wiederholende Besprechung aller Denk- und Arbeitsschritte.

Die fachdidaktischen Überlegungen zeigten, daß der Unterricht mit Hilfe von Modellen verbessert werden kann. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird die Frage geklärt, welchen Einfluß die Modellmethode auf den Lernzuwachs und die Behaltensleistung der Schüler nimmt.

3. Empirische Untersuchungen zum Lernzuwachs und zur Behaltensleistung der Schüler

Bei Erdkröten sind gewisse Verhaltensabläufe oft und leicht wiederholbar. Dadurch sind sie für verhaltenskundliche Versuche im Unterricht besonders gut geeignet. Die Arbeit mit lebenden Kröten wird jedoch insofern erschwert, als diese Tiere nicht das ganze Jahr hindurch beutefangaktiv sind. Für den Unterricht mit Kröten an Hauptschulen in Bayern stehen deshalb wegen der Ferienordnung nur die Monate Juni und Juli zur Verfügung. Dadurch ergab sich folgender zeitlicher Ablauf:

1979 - Empirische Voruntersuchung im Unterrichtsfeld in München (Explorationsexperimente).

1980 - Abschließende empirische Untersuchung im Unterrichtsfeld im Landkreis Weilheim-Schongau (Entscheidungsexperiment).

3.1 Versuchspläne für die Vor- und die Hauptuntersuchung

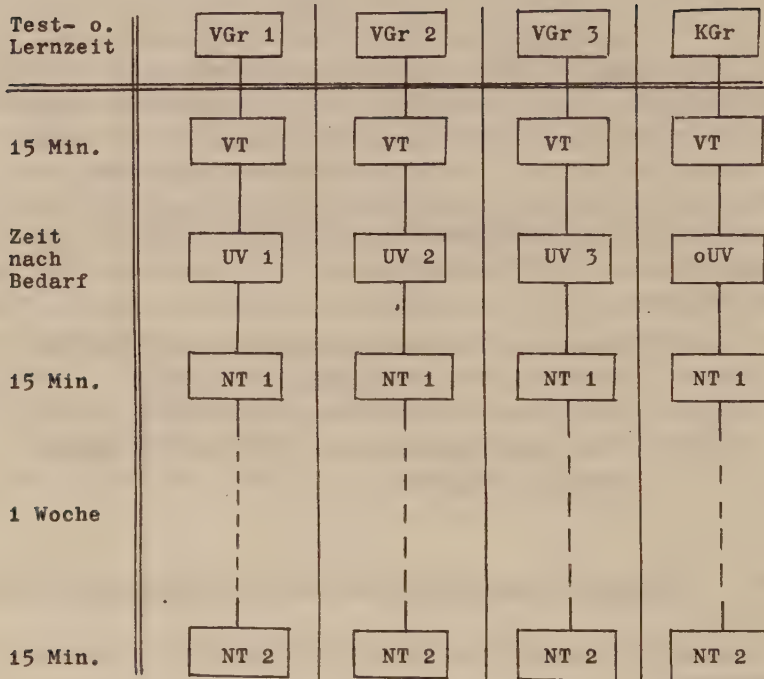
Es wurde die Untersuchungsform des klassischen Experiments gewählt.

3.1.1 Versuchsplan für die Explorationsexperimente der Voruntersuchung

In der Unterrichtswirklichkeit des Schulalltages werden meist keine genau festgelegten Unterrichtsverfahren eingesetzt. Die Voruntersuchung hingegen vergleicht präzisierte Unterrichtsverfahren durch Gegenüberstellung miteinander. Voruntersuchungen können mit kleinen Gruppen durchgeführt werden. Sie geben Hinweise für die Durchführbarkeit größerer Untersuchungen. Meßinstrument und Unterrichtssituationen werden erprobt. (vgl. Flechsig 1969, S. 207)

a) Versuchsplan - Organisatorischer Teil:

(In Anlehnung an L. Roth)



Anmerkungen:

VT = Vortest; NT = Nachtest; UV = unabhängige Variable;
 AV = abhängige Variable; oUV = ohne unabhängige Variable;
 VGr = Versuchsgruppe; KGr = Kontrollgruppe.

Lernzuwachs (LZW) = Nachtest 1 minus Vortest.

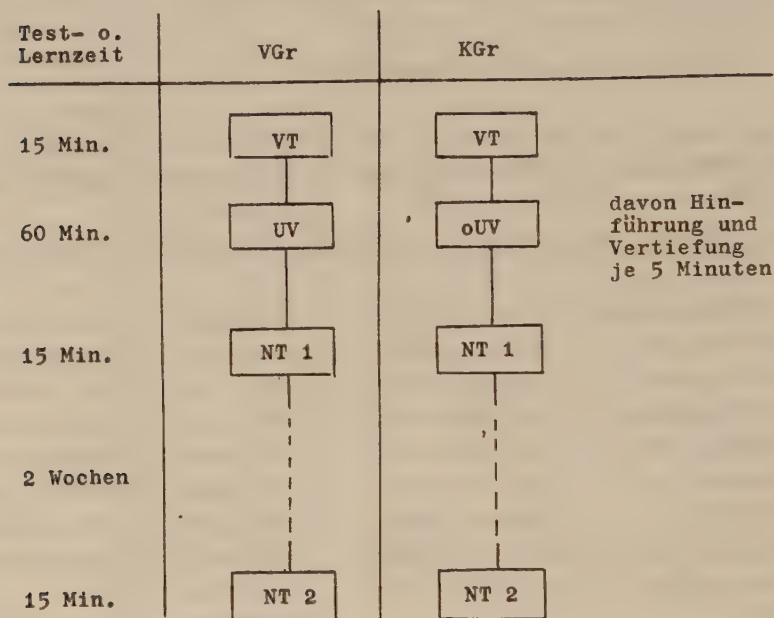
Behaltensleistung (Beh.) = Nachtest 2 minus Vortest.

b) Versuchsplan - Inhaltlicher Teil:

UV: Modellmethode			
Versuchsgruppen mit Modellmethode			Kontroll- gruppe ohne Modellmethode
Erklärungsmodelle Variante 1	Erklärungsmodelle Variante 2	Erkundungs- modelle	
Verbalunterricht mit Hilfe von Modellen ohne Verhaltensbeob- achtungen und -versuche an lebenden Erd- kröten und ohne Attrappenver- suche.	Modelle mit bestätigenden Verhaltensbeob- achtungen und -versuchen an lebenden Erd- kröten, aber ohne Attrappen- versuche.	Erkunden- der Ein- satz von Modellen mit Verhal- tensbeob- achtungen und -ver- suchen an lebenden Erdkröten einschließ- lich Attrappen- versuchen.	Verhaltens- beobachtungen und -versuche an lebenden Erdkröten werden nicht durch Modelle unterstützt.
AV: Lernzeit, Lernzuwachs und Behaltensleistung der Schüler.			

3.1.2 Versuchsplan für die Hauptuntersuchung (Entscheidungsexperiment)

a) Organisatorischer Teil:



Für die Hauptuntersuchung wurde das Unterrichtsverfahren Erklärungsmodelle Variante 3 entworfen (vgl. S. 41 und S. 42 ff.; Stundenbild der Hauptuntersuchung - mit Modellmethode). Dieses Unterrichtsverfahren baut auf den Erklärungsmodellen Variante 2 der Voruntersuchung auf; zusätzlich werden jedoch Attrappenversuche vorgeführt. Die Demonstration der Attrappenversuche durch den Lehrer ermöglichte die Einhaltung der vorgesehenen Testzeit von nur 60 Minuten. Klautke stimmt diesem durch den Lehrer gelenkten Vorgehen zu, wenn er schreibt: "Es kann den Schülern in der zur Verfügung stehenden Zeit .. nicht zugemutet werden, den Weg des Findens von Versuchsanordnungen allein zu gehen!" (Killermann/Klautke 1978, S. 174)

b) Inhaltlicher Teil:

UV: Modellmethode	
Versuchsgruppe mit Modellmethode: Erklärungsmodelle Variante 3	Kontrollgruppe ohne Modellmethode
Modelle mit bestätigenden Verhaltensbeobachtungen und -versuchen an lebenden Erdkröten einschließlich Attrappenversuchen.	Verhaltensbeobachtungen und -versuche an lebenden Erdkröten werden nicht durch Modelle unterstützt.
AV: Lernzuwachs und Behaltensleistung der Schüler	

Der Lerninhalt war für alle Versuchs- und Kontrollgruppen der Vor- und Hauptuntersuchung derselbe. Das ist nach Roth (1971, S. 27) Voraussetzung, um bei Kurzzeitexperimenten Unterschiedlichkeiten in der Methodeneffektivität miteinander vergleichen zu können.

3.2 Geplanter Ablauf der Unterrichtsstunden
der Vor- und der Hauptuntersuchung

Das Beutefangverhalten der Erdkröte wird als Lerninhalt folgendem Lernziel zugeordnet: "Einsicht, daß .. Verhaltensweisen erst beim Vorhandensein bestimmter Voraussetzungen ablaufen." (Bayer. KMBI. I So.-Nr. 3/1978, S. 46; ähnlich in Lehrplänen anderer Bundesländer) Dieses Lernziel kann als Frage formuliert werden: Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit eine bestimmte Verhaltensweise abläuft?

Die Frage führt unmittelbar zu den Elementen einer Verhaltenseinheit: Handlungsbereitschaft - Schlüsselreiz - Auslösemechanismus - Handlungsablauf.

Bei allen Unterrichtsverfahren wurden folgende Lernziele zu erreichen versucht. Die Schüler sollen:

- das Beutefangverhalten der Erdkröte kennenlernen;
- die Fähigkeit üben, Verhaltensweisen eines Tieres genau zu beobachten und sachgemäß zu beschreiben (nicht durch Erklärungsmodelle Variante 1);
- die Einsicht gewinnen, daß Verhaltensweisen erst beim Vorhandensein bestimmter Voraussetzungen ablaufen.

Der Unterrichtsablauf der Hauptuntersuchung wird ausführlich dargestellt, um zu gewährleisten, daß dieser in gleicher Weise nachvollzogen werden kann. So wird eine wiederholende Überprüfung der empirischen Untersuchungsergebnisse möglich. Die Stundenbilder der Voruntersuchung können anhand der Anmerkungen im Anschluß an das synoptische Stundenbild der Hauptuntersuchung rekonstruiert werden.

I. Entwurf eines synoptischen Stundenbildes für die Hauptuntersuchung ⁺⁾

Thema: Das Beutefangverhalten der Erdkröte

Methode

Unterrichtsablauf

ohne Modellmethode

mit Modellmethode

Hinführung

Einstieg durch ein analoges Verhaltensbeispiel aus dem Lehrstoff des 5. Schülerjahrgangs

Einige von Euch haben schon eine Katze beim Mäusefangen beobachtet oder können sich vorstellen, wie sie sich dabei verhält. Berichte, was die Katze alles nacheinander macht, wenn sie eine Maus fängt.

+) Bei dem Stundenbild handelt es sich um eine sehr knappe Darstellung. Im Unterricht wird einfacher formuliert und wenn erforderlich auch länger erklärt.

	<u>ohne Modellmethode</u>	<u>mit Modellmethode</u>
Klärung der Handlungsfolge im Lehrer-Schüler-Gespräch	Beute suchen - belauern - anschleichen - anspringen - töten - fressen - Schnauzeputzen.	
<u>Zielangabe</u>	Heute erfahren wir etwas über den Beutefang der Erdkröte.	
Tafeltext	Beutefangverhalten der Erdkröte	
Weiterreichen eines Einschlußpräparats	Die Schüler betrachten das Einschlußpräparat einer Erdkröte.	
Lehrervortrag	Erdkröten sind sehr friedliche, ungefährliche und nützliche Tiere. Wie alle Froschlurche leben sie zuerst als Kaulquappen im Wasser. Wenn sie erwachsen sind, gehen sie an Land und bewohnen feuchte Verstecke im Garten oder im Wald. Sie fressen Nachtschnecken, Würmer und viele Schadinsekten.	
Tafeltext	friedlich, nützlich, Lurch	
<u>Durchführung</u>		
1. Teilziel	<u>Wie fängt die Erdkröte ihre Beute?</u>	
Krötenarena und Beobachtungsauftrag (Notizblock)	Beobachte die Erdkröte in der Arena! Du stellst dabei fest, was sie nacheinander macht, wenn sie einen Mehlwurm (Mehlkäfer) fängt und frißt. Notiere Deine Beobachtungen auf einem Notizblock in Stichworten.	
Tafeltext	<u>Handlungsablauf</u> Beutefang	
Die Beobachtungsergebnisse der Schüler werden gesammelt, geordnet und in Stichworte umformuliert.	1. Beutesuchen 2. Zuwendung zur Beute 3. Heranschleichen 4. Beidäugiges Beutefixieren 5. Zungenschlag 6. Schlucken 7. Schnauzeputzen	
	Wiederholtes Beobachten des Beutefixierens und des Zungenschlags	<u>Bildfolge</u> (Transparent): Beidäugiges Beutefixieren und Zungenschlag der Erdkröte. Hinweis: Der Ablauf des Zungenschlags zeigt, daß die Handlungsfolge noch weiter unterteilt werden kann.
Impuls	Ihr kennt den Grund, warum Erdkröten fressen wollen.	
Schüler	Sie haben Hunger.	
Tafeltext	<u>Handlungsbereitschaft durch Hunger</u>	

ohne Modellmethode mit Modellmethode

Problemstellung	Was wir annehmen: Das Beutefangverhalten der Kröte wird durch den Außenreiz Beute und die Handlungsbereitschaft Hunger beeinflusst.		Entwerft eine Versuchsanordnung mit Erdkröten, um diese Annahme zu beweisen. <u>Gedankenexperimente:</u> Entwurf und Vortrag verschiedener Versuchspläne durch die Schüler.
Versuch und Kontrollversuch	Eine gut gefütterte, satte Erdkröte wird zusammen mit einer ausgehungerten Kröte in eine Arena mit Mehlwürmern gesetzt.		
Aufgabe	Erkläre das Verhalten der Kröte unter der Voraussetzung, daß sie Hunger bzw. keinen Hunger hat.		
Die Schüler beobachten die Kröten und halten die Versuchsergebnisse schriftlich fest. Schüler tragen vor, was sie beobachten konnten. Sie versuchen, das unterschiedliche Verhalten der beiden Erdkröten zu erklären.	Lehrer-Schüler-Gespräch	Hinweis: Durch Skizzen werden Verhaltenszusammenhänge vereinfacht dargestellt.	
	Tafeltext: Außenreiz Beute + Handlungsbereitschaft durch Hunger	Transparente:	
	Beutefang	a) <u>Funktionsschaltbild</u> für <u>bereitschaftsabhängiges Verhalten</u> b) <u>Für Hauptschüler vereinfachtes Funktions-schaltbild</u>	
		Klärung der Zusammenhänge im Lehrer-Schüler-Gespräch	
		Tafeltext: Außenreiz Beute + Handlungsbereitschaft durch Hunger Beutefang	
2. Teilziel	<u>Wie erkennt die Erdkröte ihre Beute?</u>		
Einfache Denkaufgabe	Seht den Tafeltext "Handlungsablauf" an. Welches Verhalten beweist als erstes, daß die Erdkröte ihre Beute erkannt hat?		
Unterstreichen	Zuwendung zur Beute		
Schüler begründen	Die Erdkröte wendet sich ihrer Beute erst dann zu, wenn sie diese vorher erkannt hat.		
Aufforderung	Ihr habt im vorhergehenden Biologieunterricht schon einige Schlüsselreize kennengelernt. Zählt auf!		

	<u>ohne Modellmethode</u>	<u>mit Modellmethode</u>
Schüler nennen Schlüsselreize	Sinngemäß: Ein Schlüsselreiz kann einwirken auf den Seh-, Gehör-, Geruchs-, Geschmacks- oder Tastsinn. Beispiele durch die Schüler.	
Lehrervortrag	Das Beutefangverhalten der Erdkröte wird durch mehrere Schlüsselreize hervorgerufen. Die Kröte erkennt ihre Beute z.B. am Geruch, am Helligkeitskontrast zwischen Beute und Hintergrund, an der Bewegung und an der Gestalt.	
Teilzielangabe	Wir untersuchen zuerst den Schlüsselreiz Bewegung.	
Problemstellung	Wie verhalten sich hungrige Kröten, wenn sie tote bzw. lebende Mehlwürmer vorgesetzt bekommen?	Macht Vorschläge, wie wir feststellen können, ob Bewegung wirklich ein Schlüsselreiz für die Erdkröte ist. <u>Gedankenexperimente:</u> <u>Entwurf von Versuchs-</u> <u>plänen durch die Schüler.</u>
Krötenarena	Versuch: Hungrige Erdkröten erhalten lebende Mehlwürmer (Mehlkäfer) vorgesetzt. Ergebnis: Die Kröten fangen die Beutetiere, die sich bewegen. Kontrollversuch: Hungrige Erdkröten erhalten tote Mehlwürmer (Mehlkäfer) vorgesetzt. Ergebnis: Keine Bewegung der Beutetiere - kein Beutefang.	
Festhalten und Vortrag der Versuchsergebnisse durch Schüler		
Schlußfolgerungen der Schüler	Bewegung ist ein Schlüsselreiz für das Beutefangverhalten der Kröte.	
Problemfrage	Zum Schlüsselreiz Bewegung außerhalb der Kröte denkt man sich in der Kröte als Auslösemechanismus einen Reizfilter. Welcher Auslösemechanismus oder Reizfilter läßt die Erdkröte nur eine bewegte Beute erkennen?	
Lehrer-Schüler-Gespräch	<u>Begriffsklärung "Reizfilter"</u> durch Analogievergleich mit einem Kaffeefilter.	
Lehrerhinweis	Wir Menschen können ruhende Gegenstände nur sehen, weil sich unsere Augen unwillkürlich bewegen.	
Eigenversuche der Schüler	Ertasten der unwillkürlichen Augenbewegungen: An das geschlossene Auge wird ein Finger gehalten und vor dem offenen Auge wird ein Buch seitlich vorbeibewegt. Ergebnis: Die Augen bewegen sich ruckartig. (vgl. S. 21 f.)	

	<u>ohne Modellmethode</u>	<u>mit Modellmethode</u>
Denkaufgabe	Die Erdkröte besitzt keine unwillkürlichen Augenbewegungen, um ruhende Gegenstände entdecken zu können. Erkläre die Bedeutung der Beutebewegung für die Kröte.	
Schüleräußerungen (sinngemäß erwartet, da aus vorhergehenden Stunden Bau und Funktion des menschlichen Auges bekannt sind)	Die Beute muß sich bewegen, damit sich ihr Bild über die Netzhaut des Krötenauges bewegt. Dadurch sieht die Kröte die Beute.	
Wiederholende Zusammenfassung	Tafeltext: Schlüsselreiz (außerhalb der Kröte): Bewegung. Auslösemechanismus (in der Kröte): Reizfilter - Die Netzhaut des Auges bemerkt nur bewegte Gegenstände.	Funktionsschaltbild, ergänzt durch erklärende Beispiele. (Zugedeckt wird der untere Teil: "Gestalt der Beute" und "Gestaltfilter").
Teilzielangabe	Wir untersuchen jetzt den Schlüsselreiz Gestalt der Beute. Im Krötengehirn wird dazu als Auslösemechanismus ein passender "Gestaltfilter" angenommen.	
Problemformulierung (wenn möglich durch die Schüler)	An welchen Gestaltmerkmalen erkennt die Erdkröte ihre Beute?	
Begriffsklärung "Attrappe"	Information: Ein Schlüsselreiz wird durch Attrappenversuche ermittelt. Durch Attrappen kann z.B. die Gestalt des Beutetieres nachgebildet werden. Die wirksamste Attrappe entspricht einem an der Kröte vorbeikriechenden Mehlwurm oder einem kleinen Käfer von etwa 2 cm Länge. (Es wird keine Beuteattrappe vorgezeigt.)	Die Schüler stellen vorläufige Vermutungen an.
		Impuls: Vorweisen einer optimalen Beuteattrappe. Die Schüler zählen auf, von welchen Beutetieren die Attrappe ein Gestaltumriß sein kann: Wurm, Nacktschnecke, Käfer, Raupe usw. Lehrerinformation: Durch Attrappenversuche können wir den Schlüsselreiz "Gestalt der Beute" ermitteln. Den Schülern wird mitgeteilt, wie die Attrappen hergestellt werden. Die Versuchsanordnung wird ihnen kurz erklärt.

	<u>ohne Modellmethode</u>	<u>mit Modellmethode</u>
Verhaltensversuche mit beutefangaktiven Erdkröten	Hinter einer Glasscheibe werden lebende Beutetiere geboten.	<u>Attrappenversuche mit der Attrappenarena</u>
Demonstrationsversuche unter Mitwirkung einzelner Schüler	<u>Versuch 1</u> Ein auf dem Boden kriechender Mehlwurm. Ergebnis: Zuwendungen der Kröte. <u>Versuch 2</u> Ein senkrecht an einem Faden hängender Mehlwurm wird an der Kröte vorbeibewegt. Ergebnis: Keine Zuwendung der Kröte. (Mehrfache Ausführung der Verhaltensversuche. Ziel: Zeitgleichheit mit dem Unterricht mit Modellmethode.)	<u>Versuch 1</u> Die <u>Attrappe</u> entspricht einem an der Kröte vorbeikriechenden Mehlwurm. Ergebnis: Zuwendungen der Kröte. <u>Versuch 2</u> Die <u>Attrappe</u> entspricht einem auf dem Kopf gehenden Mehlwurm. Ergebnis: Keine Zuwendung der Kröte.
Tafeltext bzw. Transparent	Ergänzung Tafeltext: (Schlüsselreiz ..) Gestalt eines kleinen Beutetieres (Auslösemechanismus ..) "Gestaltfilter"	<u>Funktionsschaltbild, ergänzt durch erklärende Beispiele.</u> Impuls: Eine optimale <u>Beuteattrappe</u> wird einmal waagrecht und einmal senkrecht in den auf das Transparent gezeichneten Gestaltfilter hineinbewegt. Aufforderung: Versuche mit Hilfe des von uns als "Gestaltfilter" angenommenen Auslösemechanismus zu erklären, warum die Erdkröte die jeweilige Attrappe als Beute erkennt oder nicht erkennt.

ohne Modellmethode

mit Modellmethode

Überprüfung der Ergebnisse der Attrappenversuche mit einem lebendigen Beutetier

Versuche:

- a) Hinter einer Glasscheibe wird einer Kröte ein sich auf dem Boden bewegendes Mehlwurm geboten. Ergebnis: Zuwendungen der Kröte.
- b) Der Mehlwurm wird an einem weißen Zwirnfaden senkrecht hängend hinter der Glasscheibe an der Kröte vorbeibewegt. Ergebnis: Keine Zuwendung der Kröte.

Alle vorangegangenen Versuchsergebnisse zum Schlüsselreiz Gestalt wurden durch die Schüler schriftlich festgehalten, vorgetragen und miteinander verglichen.

Schlußfolgerungen der Schüler

Eine der folgenden Antworten wird sinn- gemäß erwartet:

- Auf dem Kopf gehende Würmer gibt es für die Kröte nicht.
- Der am Faden hängende Wurm erscheint der Kröte zu groß.
- Ihr Auslösemechanismus (oder Gestaltfilter) ist nicht auf Würmer eingestellt, die sich aufrecht bewegen.
- Die senkrechte Beuteattrappe paßt nicht in den "Gestaltfilter" hinein.

Wiederholende Zusammenfassung des 2. Teilziels

Zähle Dir bekannte Schlüsselreize auf, an denen die Erdkröte ihre Beute erkennt. Erkläre den Erkennungsvorgang mit Hilfe der verhaltenskundlichen Begriffe Schlüsselreiz und Auslösemechanismus.

Weiterführender Lehrervortrag

Der Auslösemechanismus ist nicht starr. Die Kröte kann dazulernen. Wespen z.B. passen aufgrund ihrer Gestalt in den angeborenen Auslösemechanismus der Erdkröte. Wurde diese einmal von einer Wespe gestochen, dann merkt sie sich das Wespenmuster. Sie schnappt nicht wieder nach einer Wespe. Es gibt harmlose Fliegen, die wie Wespen gezeichnet sind. Ihr Wespenmuster schützt sie vor der Kröte.

(Anm.: Der Begriff Mimikry wird nicht eingeführt. Den Schülern wird ggf. mitgeteilt, daß es sich beim Wespenmuster um die schwarz-gelbe Zeichnung der Wespe handelt. Es ist noch nicht bewiesen, daß Kröten die gelbe Farbe des Wespenmusters wiedererkennen können, sie merken sich jedoch die Musterung bzw. Bänderung.)

ohne Modellmethode mit Modellmethode

Vertiefung

3. Teilziel

Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit die Erdkröte eine Beute fängt?

Lehrer

Wir haben folgende verhaltenskundliche Begriffe kennengelernt. Was verstehst Du jeweils darunter?

Hinweis auf
den Tafeltext

Handlungsablauf
Handlungsbereitschaft
Schlüsselreiz
Auslösemechanismus

Wiederholende
Erklärung der
Einzelbegriffe
durch Schüler

Lehrerhinweis
mit Arbeitsauf-
trag

Aus diesen vier Teilen setzt sich eine Verhaltenseinheit zusammen. Bringe die einzelnen noch ungeordneten Teile der Verhaltenseinheit in die richtige Reihenfolge und begründe am Beispiel des Beutefangs der Erdkröte.

Tafeltext

Verhaltenseinheit

Schülervorträge

II. Anmerkungen zum Unterrichtsverlauf der Stundenbilder der Voruntersuchung im Vergleich mit der Hauptuntersuchung

1. Mit der Hauptuntersuchung übereinstimmendes Vorgehen:
 - Hinführung und Vertiefung waren bei allen Unterrichtsstunden identisch.
 - Die Kontrollgruppe der Voruntersuchung erhielt den gleichen Unterricht wie die Kontrollgruppen der Hauptuntersuchung.
2. Unterschiedliches Vorgehen bei den Versuchsgruppen der Voruntersuchung:
 - a) Erkundungsmodelle (Unterricht mit Hilfe von Erkundungsmodellen)
Der Handlungsablauf beim Beutefang wurde von den Schülern

selbst in die einzelnen Handlungsabschnitte zu unterteilen versucht. Die Schüler führten Eigenversuche zur unwillkürlichen Augenbewegung beim Menschen durch. Verhaltensbeobachtungen und Verhaltensversuche einschließlich den Attrappenversuchen mit lebenden Erdkröten fanden statt. Material und Geräte wurden den Schülern zur Verfügung gestellt. Für die Attrappenversuche wurde der Attrappenkasten mit Doppelspiegelglas eingesetzt. Unter Leitung des Lehrers planten die Schüler die Versuche und waren an der Versuchsdurchführung beteiligt. Sie fertigten selbst Attrappen an. Die Ergebnisse aus Beobachtungen und Versuchen wurden durch die Schüler festgehalten und Schlußfolgerungen daraus gezogen. Dazu dienten Beobachtungslisten und Arbeitsblätter. Das Arbeitsblatt "Funktionsschaltbild zum Beutefangverhalten der Erdkröte" mußten die Schüler selbst ergänzen.

b) Erklärungsmodelle Variante 1 (Unterricht mit Hilfe von Erklärungsmodellen)

Der Handlungsablauf beim Beutefang wurde durch den Versuchsleiter geschildert.

Unterstützt durch den Lehrervortrag wurden folgende Funktionsschaltbilder eingesetzt:

- Funktionsschaltbild für bereitschaftsabhängiges Verhalten.
- Für Hauptschüler vereinfachtes Funktionsschaltbild.
- Funktionsschaltbild ergänzt durch erklärende Beispiele.

Da keine Verhaltensbeobachtungen und -versuche an lebenden Erdkröten stattfanden, wurden weder die Krötenarena, der Attrappenkasten, die Attrappenarena, noch die Versuchsanordnung mit einer Glasscheibe eingesetzt.

Es fanden keine Eigenversuche der Schüler zur Feststellung der unwillkürlichen Augenbewegungen beim Menschen statt. Gedankenexperimente wurden nicht durchgeführt.

c) Erklärungsmodelle Variante 2 (Unterricht mit Hilfe von Erklärungsmodellen)

Der Handlungsablauf beim Beutefang wurde den Schülern schriftlich vorgegeben. Sie beobachteten mit Hilfe dieser Liste den tatsächlichen Beutefang der Kröte. Sämtliche Funktionsschaltbilder wurden eingesetzt. Verhaltensbeobachtungen

und -versuche an lebenden Erdkröten fanden statt, diese dienten jedoch nur der Bestätigung vorgegebener Modelle. Dadurch entfielen die Gedankenexperimente der Schüler. Eigenversuche zur unwillkürlichen Augenbewegung beim Menschen wurden durchgeführt. Mit Hilfe der vorgegebenen Modelle besprachen die Schüler alle Beobachtungs- und Versuchsergebnisse und zogen daraus ihre Schlußfolgerungen. Attrappenversuche fanden nicht statt.

3.3 Die Testaufgaben als Meßinstrument für die Vor- und Hauptuntersuchung

Vortest, Nachtest 1 und Nachtest 2 bestanden aus den gleichen 14 Aufgaben. Für die Lösung aller Aufgaben hatten die Schüler jeweils 15 Minuten Zeit. Neben Multiple-Choice-Aufgaben enthielt der Test Zu- und Umordnungsaufgaben. Bei der Voruntersuchung fanden neben geschlossenen Aufgaben auch noch halboffene Aufgaben Verwendung. (Klassifikation der Testaufgaben vgl. Krapp/Prell 1975, S. 109) Bei der Hauptuntersuchung wurden nur geschlossene Aufgaben gestellt, da die frei formulierten Antworten der Schüler in Einzelfällen nicht eindeutig genug waren. Die Schüler konnten geschlossene Aufgaben entsprechend ihrem Wissensstand in verhältnismäßig kurzer Zeit beantworten. Bei halboffenen Aufgaben kamen sie jedoch ins Stocken und verbrauchten viel Zeit. Ihre tatsächlichen Kenntnisse konnten sie nicht richtig darstellen. Der zunehmende Schwierigkeitsgrad der Aufgaben hatte einmal das Ziel, die Schüler bei der Bearbeitung des Tests nicht vorzeitig zu entmutigen; zum anderen war er notwendig, weil es sich um einen Niveautest handelt. (vgl. Krapp/Prell 1975, S. 105) Mit Hilfe eines Vergleichs der Häufigkeit richtiger Aufgabenlösungen beim Nachtest 1 und einer einfachen Bewertungsskala des Schwierigkeitsgrades der Einzelaufgaben wurden die Testaufgaben der Voruntersuchung überprüft und anschließend für die Hauptuntersuchung umgearbeitet. Nur die Testbögen solcher Schüler wurden ausgewertet, die am Vortest, Nachtest 1 und 2 teilgenommen hatten. Jede richtig gelöste Aufgabe wurde mit einem Punkt bewertet. Die folgenden Testaufgaben der Voruntersuchung sind die Rohfassung der Testaufgaben der Hauptuntersuchung.

a) Meßinstrument Voruntersuchung (Testbögen)

Name Klasse

Lies jede Aufgabe aufmerksam durch, bevor Du sie beantwortest.

Aufgabe 1

Was hältst Du von Kröten?

- Kröten sind ☐ schädlich
 ☐ nützlich
 ☐ gefährlich
 ☐ friedlich

Kreuze die beiden richtigen Antworten an.

Aufgabe 2

Zu welcher Tiergruppe gehören Erdkröten?

- Erdkröten sind ☐ Bodenwürmer
 ☐ Säugetiere
 ☐ Kriechtiere
 ☐ Lurche
 ☐ Insekten

Kreuze die richtige Antwort an.

Aufgabe 3

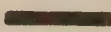
Woran erkennt die Erdkröte ihre Beute?

- ☐ an der Gestalt
☐ am Schnarchen
☐ an der Bewegung
☐ am Geruch
☐ an der Ruhestellung

Kreuze die 3 richtigen Antworten an.

Aufgabe 4

Welche Beute, die einer der folgenden Gestalten ähnlich ist, bevorzugt die Erdkröte am meisten?

- ☐ 
☐ 
☐ 
☐ 
☐ 

Kreuze nur einmal an.

Aufgabe 5

Setze in die Klammern Zahlen von 1 bis 8 ein, so daß die richtige Reihenfolge beim Beutefangverhalten der Erdkröte wiedergegeben wird.

- () Erkennen der bewegten Beute
- () Beute fixieren
- () Schnauze putzen
- () Schlucken
- () Heranschleichen zur Beute
- () Beute suchen
- () Zuwendung zur Beute
- () Zuspinnen bzw. Zungenschlag

Aufgabe 6

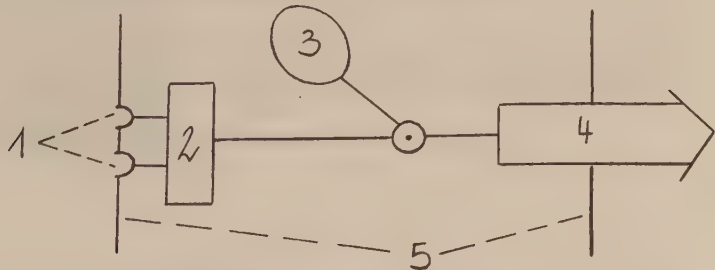
Schreibe die folgenden ungeordneten verhaltenskundlichen Begriffe einer Verhaltenseinheit in der richtigen Reihenfolge untereinander:

- Handlungsablauf - Handlungsbereitschaft - Auslösemechanismus - Schlüsselreiz

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

Aufgabe 7

Die folgende Skizze will das Zusammenwirken verschiedener Einflüsse bei einem Verhaltensablauf verdeutlichen.



- () Verhalten
- () Sinnesorgane
- () Handlungsbereitschaft
- () Körperbegrenzung
- () Auslösemechanismus

Schreibe in die Klammer vor den jeweiligen Begriff die zutreffende Nummer der Skizze.

Aufgabe 8

Ein Schlüsselreiz

- () ist ein Außenreiz, der ein bestimmtes Verhalten in Gang setzen kann.
- () ist ein Alarmsignal, durch das Nachtwächter auf einen Einbrecher aufmerksam gemacht werden.
- () wird durch Attrappenversuche ermittelt.
- () paßt jeweils zu einem entsprechenden Auslösemechanismus.
- () kann einwirken auf den Seh-, Gehör-, Geruchs-, Geschmacks- oder Tastsinn.

Kreuze alle richtigen Feststellungen an.

Aufgabe 9

Begründe, weshalb ein Sportangler, wenn er nach einem Hecht angelt, einen Blinker aus hellem Metall verwendet, den er durch Aufrollen der Angelschnur durch das Wasser bewegt.

.....
.....
.....

Aufgabe 10

Die Erdkröte besitzt einen Auslösemechanismus, der sie veranlaßt, nach kleinen bewegten Objekten zu schnappen.

Erkläre, warum die Erdkröte bei einer einzigen schlechten Erfahrung mit einer stechenden Wespe nie wieder nach einer Wespe schnappt, obwohl doch Wespen auch weiterhin für die Kröte kleine bewegte Objekte sind.

.....
.....
.....

Aufgabe 11

Welcher Zusammenhang besteht zwischen Schlüsselreiz und Auslösemechanismus?

.....
.....

Aufgabe 12

Begründe, weshalb ein Auslösemechanismus kein Gehirnschnitt ist, sondern nur ein gedanklich angenommener Apparat, der eine bestimmte Fähigkeit eines Tieres widerspiegelt.

.....
.....
.....

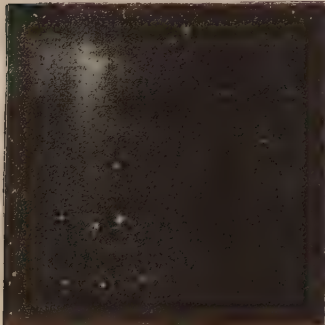
Aufgabe 13

Erkläre den wesentlichen Unterschied zwischen tierischem und menschlichem Verhalten am Beispiel der Erdkröte.

.....
.....

Aufgabe 14

Wie reagiert eine Erdkröte auf keinen Fall, wenn folgende Attrappe an ihr vorbeibewegt wird?



- () Sie duckt sich.
- () Sie bietet ihre Flanke und zeigt Stelzenstellung.
- () Sie wendet sich zur Attrappe hin und fixiert diese.
- () Sie bläht sich auf.
- () Sie kriecht oder springt fort.

Eine der obenstehenden Verhaltensweisen zeigt die Kröte bestimmt nicht.

Kreuze nur diese an.

b) Auswertung der Testaufgaben der Voruntersuchung
zur Verbesserung des Meßinstruments

Vergleich der Häufigkeit richtiger Aufgabenlösungen
beim Nachtest 1

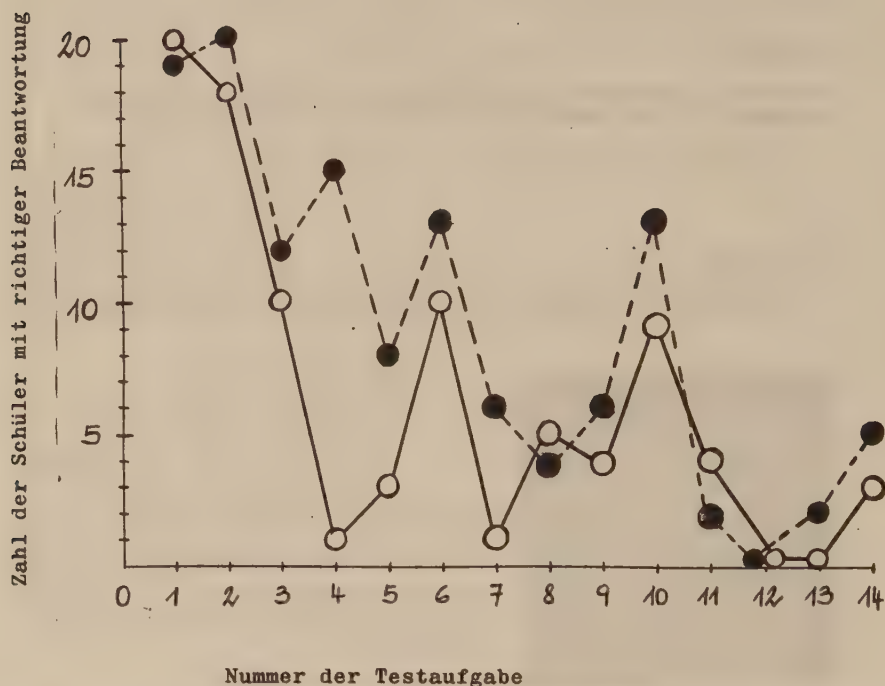


Abb. 25 Häufigkeitsvergleich richtiger Aufgabenlösungen (Vorunters.)

Ohne Modellmethode: —○— Kontrollgruppe

Mit Modellmethode: —●— Versuchsgruppen (1+2+3)·1/3

Die Zahl der richtigen Aufgabenlösungen der 60 Schüler der Versuchsgruppen (mit Modellmethode) durch 3 geteilt ergab eine künstliche Versuchsgruppe (20 Pbn), die mit der Kontrollgruppe (20 Pbn) zusammengefaßt wurde. Dadurch schrumpfte die Zahl aller Probanden auf die Vergleichsgröße $N = 40$.

Schwierigkeitsindex der Einzelaufgaben:

(vgl. Krapp/Prell 1975, S. 104)

$p = 100 \times \frac{NR}{N}$, wobei NR = Zahl der Pbn mit richtiger Lösung
N = Zahl aller Pbn
p = Schwierigkeitsindex

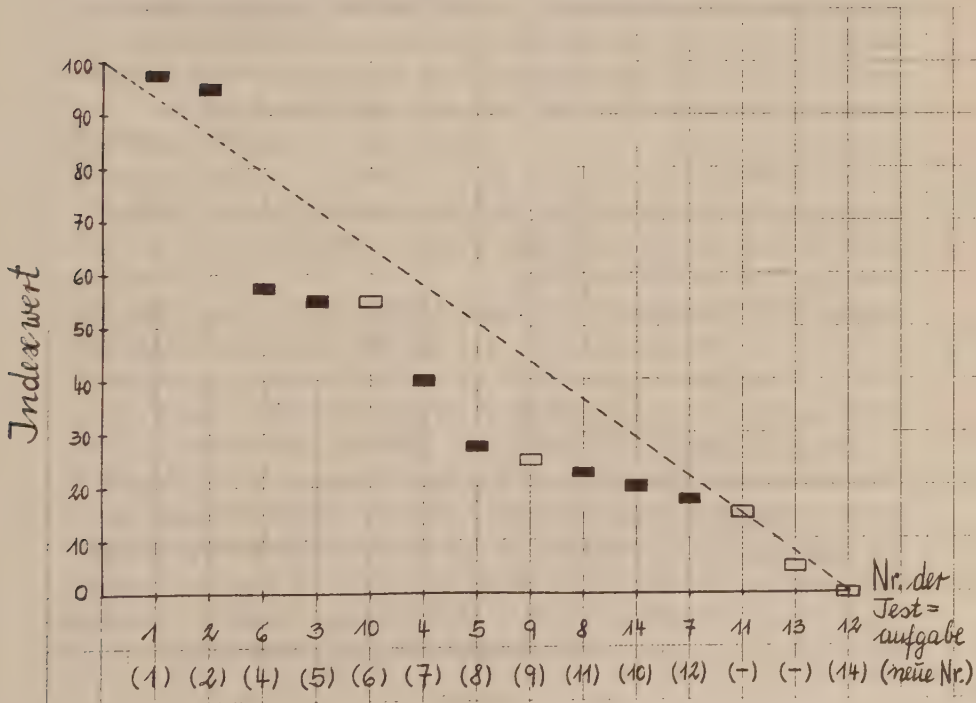
Ausrechnungsbeispiel Aufgabe 1: $p = 100 \times \frac{39}{40}$; $p = 97,5$.

Anordnung der Aufgaben in der Reihenfolge ihres Indexwertes:

1) Aufgabe 1 (97,5)	8) Aufgabe 9 (25,0)
2) Aufgabe 2 (95,0)	9) Aufgabe 8 (22,5)
3) Aufgabe 6 (57,5)	10) Aufgabe 14 (20,0)
4) Aufgabe 3 (55,0)	11) Aufgabe 7 (17,5)
5) Aufgabe 10 (55,0)	12) Aufgabe 11 (15,0)
6) Aufgabe 4 (40,0)	13) Aufgabe 13 (5,0)
7) Aufgabe 5 (27,5)	14) Aufgabe 12 (0,0)

Abb. 26 Einfache Bewertungsskala des Schwierigkeitsgrades der Testaufgaben der Voruntersuchung.

■ geschlossene Aufgaben
□ halboffene Aufgaben



Die einfache Bewertungsskala zeigt die Brauchbarkeit der Testaufgaben der Voruntersuchung als Meßinstrument. Aufgrund dieser Skala wurde entschieden, daß die Testaufgaben Nr. 3 bis 10 verbessert werden müssen. Die Bewertungsskala zeigt, daß diese Aufgaben von der Ideallinie des zunehmenden Schwierigkeitsgrades am meisten abweichen.

Der Häufigkeitsvergleich richtiger Aufgabenlösungen (s.S. 56) legte besonders eine Verbesserung der Aufgaben 4, 5, 7 und 10 nahe. Hier klafften die Zahlen der richtig beantworteten Aufgaben zwischen Kontrollgruppe und Versuchsgruppen am weitesten auseinander.

Auch alle übrigen Aufgaben erfuhren eine kritische Bewertung. Die neue Reihenfolge der Testaufgaben für die Hauptuntersuchung berücksichtigt deren zunehmenden Schwierigkeitsgrad.

Die Aufgaben 1 und 2 sind "„Eisbrecherfragen..um jedem Schüler die Möglichkeit zu .. richtigen Antworten zu geben." (Roth 1971, S. 47) Zusätzlich veranlaßt die Aufgabe 1 die Schüler, Erdkröten als nützliche und friedliche Tiere zu betrachten. Die Aufgabe 2 wird fachlich präzisiert und im Schwierigkeitsgrad durch eine zusätzliche Auswahlmöglichkeit etwas erhöht.

Aufgabe 3 (wird Aufgabe 5): Um die Aufgabe leichter lösbar zu machen, werden nur noch die beiden richtigen Antworten Bewegung und Gestalt verlangt.

Aufgabe 4 (wird Aufgabe 7): Diese Aufgabe machte der Kontrollgruppe große Schwierigkeiten. Die Versuchsgruppen konnten sie leicht lösen. Durch einen Hinweis auf die natürliche Beutegröße und weitere Silhouetten möglicher Beutetiere soll für die Kontrollgruppe der gedankliche Schritt zum optimalen Schlüsselreiz Beutegestalt erleichtert werden. Durch Angabe der Bewegungsrichtung der Beute wurde die Aufgabe verbessert. Die Aufgabe 5 (wird Aufgabe 8) ist mit acht Umordnungen für Hauptschüler zu überladen. Im Unterricht wird zwar weiterhin der gesamte Verhaltensablauf beim Beutefang behandelt; im Test werden aber nur noch sechs zusammenhängende Handlungsabschnitte

abgefragt. Der erste und der letzte Handlungsabschnitt entfallen, da diese nicht immer deutlich genug in Erscheinung treten.

Aufgabe 6 (wird Aufgabe 4): Keine Änderung.

Die Aufgabe 7 (wird Aufgabe 12) stellt an die Kontrollgruppe wesentlich höhere Anforderungen als an die Versuchsgruppen. Diese Aufgabe wird in eine Zuordnungsaufgabe umgeformt, die von Versuchs- und Kontrollgruppe in gleicher Weise gelöst werden kann. Das Schaltbild entfällt, um der Versuchsgruppe keinen Vorteil zu schaffen.

Aufgabe 8 (wird Aufgabe 11). Der zweite Satz wurde umformuliert. Die halboffenen Aufgaben 9 und 10 werden in geschlossene Aufgaben abgeändert. (Aufgabe 10 wird Aufgabe 6).

Aufgabe 11 wird durch ein konkretes Beispiel zum Schlüsselreiz Bewegung ersetzt (Aufgabe 13), da dieses von den Hauptschülern besser aufgefaßt werden kann.

Die Testaufgabe 12 (wird Aufgabe 14) wurde beibehalten, da der Test auch schwere Fragen enthalten muß. Sie wurde in eine leichter lösbare geschlossene Aufgabe abgeändert. Da die richtige Antwort Definitionscharakter hat, konnte eine einfachere Formulierung nicht erreicht werden.

Die alte Aufgabe 13 entfällt, da einsichtiges Verhalten nicht behandelt wird. Diese Aufgabe ist - wie auch der Test bestätigte - fehl am Platz. Sie wird durch die neue Aufgabe 3 ersetzt.

Aufgabe 14 wird aufgrund ihres geringeren Schwierigkeitsgrades als Aufgabe 10 eingeordnet.

Trotz seiner Mängel war der alte Test ein brauchbares Meßinstrument für die Voruntersuchung. Es folgt der verbesserte neue Test, der bei der abschließenden empirischen Hauptuntersuchung eingesetzt wurde.

Name: Klasse:

Schule:

Lies jede Aufgabe aufmerksam durch, bevor Du sie beantwortest.

Aufgabe 1

Was hältst Du von Kröten?

- Kröten sind () schädlich
 () nützlich
 () gefährlich
 () friedlich

Kreuze die beiden richtigen Antworten an.

Aufgabe 2

Zu welcher Klasse der Wirbeltiere gehören die Erdkröten?

- Erdkröten sind () Rundmäuler
 () Vögel
 () Kriechtiere
 () Lurche
 () Fische
 () Säugetiere

Kreuze die richtige Antwort an.

Aufgabe 3

Welcher Verhaltensabschnitt beweist als erster, daß die Erdkröte ihre Beute erkannt hat?

- () Schnappen der Beute
() Schnauze putzen
() Beute fixieren
() Zuwendung zur Beute
() Heranschleichen zur Beute
() Beutesuchen

Kreuze die richtige Antwort an.

Aufgabe 4Schreibe die folgenden ungeordneten verhaltenskundlichen Begriffe einer Verhaltensseinheit in der richtigen Reihenfolge untereinander:

- Handlungsablauf - Handlungsbereitschaft - Auslösemechanismus - Schlüsselreiz

- 1)
2)
3)
4)

Aufgabe 5

Woran erkennt die Erdkröte ihre Beute?

- ☐ an der Gestalt
- ☐ an der Ruhestellung
- ☐ an den Beinen
- ☐ an der Bewegung
- ☐ an der Angst des Beutetiers

Kreuze die zwei richtigen Antworten an.

Aufgabe 6

Die Erdkröte besitzt einen Auslösemechanismus, der sie veranlaßt, nach kleinen bewegten Objekten zu schnappen.

Wie verhält sich die Erdkröte, wenn sie einmal von einer Wespe, die sie fressen wollte, gestochen wurde?

- ☐ Sie schnappt nie wieder nach einer Wespe.
- ☐ Sie frißt sich bewegende kleine Käfer.
- ☐ Trotz ihrer schlechten Erfahrung mit Wespen schnappt sie nach Insekten, die Wespen ähnlich sehen.
- ☐ Sie frißt kleine Fliegen.
- ☐ Sie verschlingt Raupen.

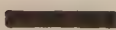
Kreuze die falsche Antwort an.

Aufgabe 7

Welche Beute, die einer der folgenden Gestalten ähnlich ist, bevorzugt die Erdkröte am meisten?

Die Umrisse entsprechen der natürlichen Beutegröße.

Bewegungsrichtung: 

- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 

Kreuze nur einmal an.

Aufgabe 8

Setze in die Klammern Zahlen von 1 bis 6 ein, so daß die richtige Reihenfolge der einzelnen Handlungsabschnitte beim Beutefangverhalten der Erdkröte wiedergegeben wird.

- () Erkennen der bewegten Beute
- () Beute fixieren
- () Schlucken
- () Heranschleichen zur Beute
- () Zuwendung zur Beute
- () Zungenschlag

Aufgabe 9

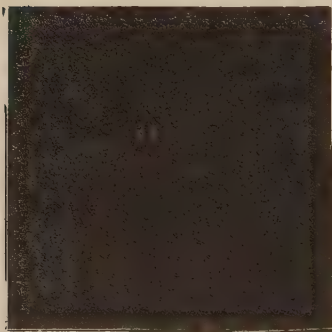
Weshalb verwendet ein Sportangler, wenn er nach einem Hecht angelt, einen Blinker aus hellem Metall, den er durch Aufrollen der Angelschnur durch das Wasser bewegt?

- () Er will dem Hecht eine Freude bereiten.
- () Der Blinker soll im Sonnenlicht leuchten.
- () Der bewegte Blinker ist ein Auslösemechanismus der Fische.
- () Der bewegte Blinker ist ein Schlüsselseiz für Raubfische.
- () Der Blinker muß den Hecht suchen.

Kreuze nur die eine richtige Antwort an.

Aufgabe 10

Wie reagiert eine Erdkröte auf keinen Fall, wenn folgende Attrappe an ihr vorbeibewegt wird?



- () Sie duckt sich.
- () Sie bietet ihre Flanke und zeigt Stelzenstellung
- () Sie wendet sich zur Attrappe hin und fixiert diese.
- () Sie bläht sich auf.
- () Sie kriecht oder springt fort.

Eine der oben genannten Verhaltensweisen zeigt die Kröte bestimmt nicht.

Kreuze nur diese an.

Aufgabe 11

Ein Schlüsselreiz

- () ist ein Außenreiz, der ein bestimmtes Verhalten in Gang setzen kann.
- () ist ein Alarmsignal, das ertönt, wenn ein Einbrecher ein Schloß gewaltsam zu öffnen versucht.
- () wird durch Attrappenversuche ermittelt.
- () paßt jeweils zu einem entsprechenden Auslösemechanismus.
- () kann einwirken auf den Seh-, Gehör-, Geruchs-, Geschmacks- oder Tastsinn.

Kreuze alle richtigen Feststellungen an.

Aufgabe 12

Welche Begriffe gehören zusammen?

Schreibe in die Klammer des umrandeten verhaltenskundlichen Begriffes jeweils die Nummer des passenden Wortes aus der Wortgruppe darunter.

Schlüssel- reiz ()	Auslöseme- chanismus ()	Handlungs- bereitschaft ()	Verhalten ()
---------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	------------------

- 1 Kontrollstelle
- 2 Beutetier
- 3 Beutefang
- 4 Hunger

Aufgabe 13

Laufkäfer stellen sich tot, wenn sie von einer Kröte verfolgt werden.

- () Die Kröte erkennt den Käfer, hält ihn aber für tot und frißt ihn deshalb nicht.
- () Der Käfer ruht sich kurz aus, um anschließend wieder schneller laufen zu können.
- () Die Kröte frißt lieber solche Käfer, die sich nicht bewegen.
- () Die Kröte kann den unbeweglichen Käfer nicht mehr erkennen. Auf diese Weise überlebt der Käfer.
- () Der Käfer will die Kröte angreifen.

Kreuze nur die eine richtige Begründung an.

Aufgabe 14

Was verstehst Du unter einem Auslösemechanismus?

- () Der Auslösemechanismus ist ein bestimmter Gehirnabschnitt.
- () Er ist ein im Gehirn der Erdkröte eingebauter Filter.
- () Der Auslösemechanismus ist ein Sicherheitsschloß aus Messing, das durch einen Schlüssel von außen geöffnet werden kann.
- () Er ist ein Fenster, durch das die Kröte ihre Umwelt betrachten kann.
- () Der Auslösemechanismus ist ein innerhalb des Nervensystems gedanklich angenommener Reizfilter für Außenreize, der dafür sorgt, daß bestimmte Schlüsselreize ein bestimmtes Verhalten auslösen.

Kreuze die richtige Antwort an.

3.4 Vergleichbarkeit der Kontroll- und Versuchsgruppen (Stichprobenparallelisierung)

Bei empirischen Untersuchungen im Unterrichtsfeld können Störgrößen nicht vollständig konstant gehalten werden. Um festzustellen, welchen Einfluß die Modellmethode auf Lernzuwachs und Behaltensleistung der Schüler ausübt, wurden folgende Versuchsbedingungen geschaffen:

- a) Es wurden nur Hauptschüler aus achten Schülerjahrgängen getestet. Lebensalter 14 - 15 Jahre.
- b) In allen an der Untersuchung beteiligten Klassen wurde der Unterricht vom Versuchsleiter selbst erteilt.
- c) Bei der Hauptuntersuchung betrug die Unterrichtsdauer für alle Schulklassen jeweils 60 Minuten. Bei der Voruntersuchung hatten Kontrollversuch und Erklärungsmodelle Vari-

ante 2 die gleiche Unterrichtszeit.

- d) In allen Schulklassen begann der Unterricht jeweils um 8.15 Uhr.
- e) Die Testdauer betrug für Vortest, Nachtest 1 und 2 jeweils 15 Minuten bei der Vor- und der Hauptuntersuchung. Der Vortest wurde unmittelbar vor dem Unterricht und der Nachtest 1 unmittelbar nach dem Unterricht durchgeführt. Der Nachtest 2 erfolgte bei der Voruntersuchung 1 Woche und bei der Hauptuntersuchung 2 Wochen nach dem Nachtest 1. Die Schüler erhielten keine Mitteilung, daß ein Nachtest 2 stattfindet.
- f) Der Unterrichtsablauf wurde schriftlich festgelegt (Stundenbilder) und bei gleichen Versuchsgruppen jeweils in annähernd gleicher Weise durchgeführt. Es wurde stets derselbe Lerninhalt unterrichtet.
- g) In jeder Klasse befanden sich Knaben und Mädchen.
- h) Mit Hilfe einer Schulnotenskala wurde versucht, weitgehend homogene Teilstichproben zusammenzustellen. Roth (1971, S. 42) empfiehlt, nur die Biologienote als Maßstab heranzuziehen. Nach Ingenkamp (1967) wiederum besitzt die Zeugnisdurchschnittsnote ausreichende Aussagegültigkeit. Es wurde deshalb für jeden Schüler der Notendurchschnitt aus den Fächern Deutsch, Mathematik und Biologie ermittelt. Der Intelligenztest ist bei anonymen Versuchspersonen ein notwendiges Instrument. Schüler unterliegen jedoch einer Dauerbeobachtung und ständigen Leistungsmessung durch die Lehrer. Der Notendurchschnitt beurteilt Schüler im Hinblick auf die Anforderungen der Schule genauer, als dies ein Intelligenztest kann. Zusätzlich beeinträchtigt ein Test von ca. 90 Minuten Dauer die natürliche Unterrichtssituation. Für die durchgeführten Feldexperimente wurde deshalb die Ermittlung des Notendurchschnitts dem Intelligenzquotienten vorgezogen.
- i) Alle Schüler hielten sich in der gewohnten Umgebung ihres

Klassenzimmers auf. Keine der Hauptschulen befaß einen eigenen Biologieraum. Die Ausstattung für Biologie war jeweils in gleicher Weise unzureichend.

- j) Das Unterrichtsthema war den Schülern vor Versuchsbeginn nicht bekannt.
- k) Alle Schüler erhielten während des laufenden Schuljahres den Biologieunterricht von Lehrern ohne vertiefte Biologieausbildung.
- l) Das Vorwissen aufgrund der Testaufgaben war bei der Voruntersuchung bei allen Versuchsgruppen nahezu gleich. Bei der Hauptuntersuchung traten Unterschiede auf. Unterschiede im Vorwissensstand gleichen sich durch die Berechnung von Lernzuwachs und Behaltensleistung statistisch aus. Trotzdem wurden bei der Hauptuntersuchung zusätzlich diejenigen Klassen zusammengefaßt und als Kontroll- und Versuchsgruppe miteinander verglichen, die einen annähernd gleichen Vorwissensstand aufwiesen.
- m) In die Voruntersuchung wurden nur Schüler aus der Großstadt München aufgenommen. An der Hauptuntersuchung nahmen nur Schüler vom Lande teil.
- n) Die überwiegende Zahl aller Schüler kam aus Bauern-, Handwerker- oder Arbeiterfamilien. Insofern kann gleiche soziale Zugehörigkeit angenommen werden.
- o) Lebende Erdkröten motivierten die Schüler in hohem Maße zur Mitarbeit. Den Schülern in der Klasse ohne Unterricht mit Kröten wurde gesagt, daß sie die Tiere zu einem späteren Zeitpunkt vorgeführt bekommen.

3.5 Hypothesen

Gearbeitet wird mit Null-Hypothesen. Dabei "wird statistisch festgestellt, daß man sich bei der Aufstellung der Nullhypo-

these .. geirrt hat." Begründung dieses Vorgehens: "Es ist einfacher, eine These zu widerlegen als zu beweisen. Genügt schon ein einziger Fall, um eine Annahme ad absurdum zu führen, so werden umgekehrt zur Erhärtung einer Hypothese zahlreiche Fälle benötigt." (Heller/Rosemann 1974, S. 54) Zum besseren Verständnis werden die untersuchten Hypothesen zuerst als Alternativ- und anschließend als Nullhypothesen vorgetragen.

Allgemeine Hypothese H: Wenn im Biologieunterricht bei der Erarbeitung des Unterrichtsthemas "Das Beutefangverhalten der Erdkröte" die Modellmethode angewendet wird, dann erhöhen sich Lernzuwachs und Behaltensleistung signifikant gegenüber einem Unterricht ohne Anwendung der Modellmethode.

Allgemeine Nullhypothese H_0 :

Wenn im Biologieunterricht die Modellmethode angewendet wird, dann erhöhen sich Lernzuwachs und Behaltensleistung nicht signifikant gegenüber einem Unterricht ohne Anwendung der Modellmethode.

Hypothesen zur Voruntersuchung

Hypothese H_1 : Die vier verschiedenen Unterrichtsverfahren beeinflussen den Lernzuwachs und die Behaltensleistung in signifikant unterschiedlichem Ausmaß.

Nullhypothese H_{0-1} :

Lernzuwachs und Behaltensleistung der vier verschiedenen Unterrichtsverfahren unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Hypothese H_2 : Unterschiede im Lernzuwachs und bei der Behaltensleistung zwischen den drei Varianten der Modellmethode sind nicht rein zufällig, sondern davon abhängig, welche Variante verwendet wurde. Es wird angenommen, daß Erkundungsmodelle am

wirkungsvollsten sind und Erklärungsmodelle der Variante 2 wirkungsvoller sind als Erklärungsmodelle der Variante 1.

Nullhypothese H_0-2 :

Unterschiede hinsichtlich des Lernzuwachses und der Behaltensleistung zwischen den drei Varianten der Modellmethode sind rein zufällig.

Hypothese H_3 : Der Unterricht mit Hilfe von Erklärungsmodellen der Variante 1 zeigt einen signifikant höheren Lernzuwachs und eine signifikant höhere Behaltensleistung als der Unterricht in der Kontrollgruppe.

Nullhypothese H_0-3 :

Der Unterricht mit Hilfe von Erklärungsmodellen der Variante 1 zeigt keinen signifikant höheren Lernzuwachs und keine signifikant höhere Behaltensleistung als der Unterricht in der Kontrollgruppe.

Hypothese H_4 : Der Lernzuwachs und die Behaltensleistung sind bei einem Unterricht mit Hilfe von Erklärungsmodellen der Variante 2 und Erkundungsmodellen signifikant größer als bei einem Unterricht, der nicht durch Modelle unterstützt wird.

Nullhypothese H_0-4 :

Lernzuwachs und Behaltensleistung sind bei einem Unterricht mit Erklärungsmodellen der Variante 2 und Erkundungsmodellen nicht signifikant größer als bei einem Unterricht ohne Unterstützung durch Modelle.

Hypothese zur Hauptuntersuchung

Hypothese H_5 : Lernzuwachs und Behaltensleistung sind bei einem Unterricht mit Hilfe von Erklärungsmodel-

len der Variante 3 signifikant größer als bei einem Unterricht, der nicht durch Modelle unterstützt wird.

Nullhypothese H_{05} :

Lernzuwachs und Behaltensleistung sind bei der Versuchsgruppe nicht signifikant größer als bei der Kontrollgruppe.

Die aufgezählten Hypothesen wurden im Unterrichtsfeld überprüft. Dabei konnten diese entweder angenommen oder verworfen werden.

3.6 Untersuchungsergebnisse und Diskussion

3.6.1 Ergebnisse der Voruntersuchung

(siehe auch Anl. 5-8, S. 95 ff. u. Abb. 29, S. 78)

Zeitfaktor Voruntersuchung

	Unterrichtsdauer einschließlich Hin- führung, Durchfüh- rung und Vertiefung
Kontrollversuch	62 Minuten
Erklärungsmodelle Variante 1	39 "
Erklärungsmodelle Variante 2	61 "
Erkundungsmodelle	117 "

Die verschiedenen Unterrichtsverfahren der Voruntersuchung zeigen in der Zeitdauer zum Teil erhebliche Unterschiede. Zeitgleich waren nur Kontrollversuch und Erklärungsmodelle Variante 2.

Auswertung der Testbögen der Voruntersuchung

Die Häufigkeit der richtig gelösten Aufgaben wies bei den 80 Schülern der drei Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe Normalverteilung auf.

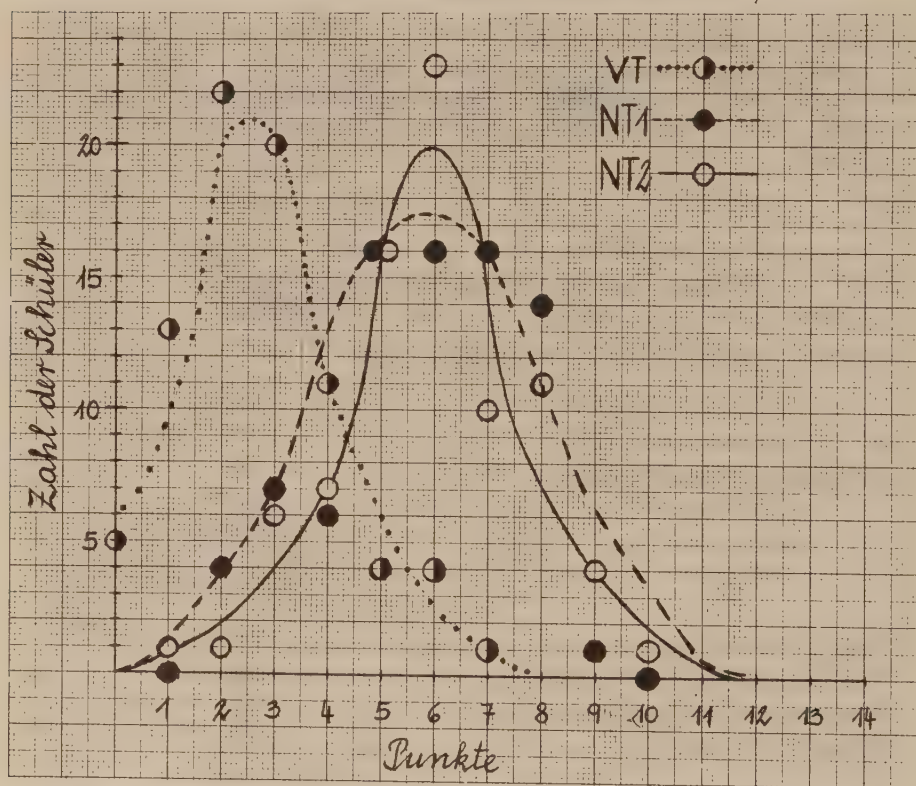


Abb. 27

Normalverteilungskurven der Voruntersuchung für den Vortest, Nachtest 1 und Nachtest 2.

Überprüft durch χ^2 -Test für die Güte der Anpassung (s. Anlage 15). Normalverteilung gegeben ab $p \geq 0.05$;

VT: $.30 > p > .20$; NT 1: $.20 > p > .10$; NT 2: $.70 > p > .50$.

Hypothese H₁

Lernzuwachs: $SAQ_{zwi} = 56,95$; $df_1 = 3$; $s^2_{zwi} = 18,98$
 $SAQ_{in} = 227,8$; $df_2 = 76$; $s^2_{in} = 2,99$
 $F_{emp} = 6,34$; $F_{theo} = 2,76$
Ergebnis: $F_{emp} > F_{theo}$; H₁ trifft zu.

Behaltensleistung:

$SAQ_{zwi} = 44,84$; $df_1 = 3$; $s^2_{zwi} = 14,94$
 $SAQ_{in} = 279,65$; $df_2 = 76$; $s^2_{in} = 3,67$
 $F_{emp} = 4,07$; $F_{theo} = 2,76$
Ergebnis: $F_{emp} > F_{theo}$; H₁ trifft zu.

Die Nullhypothese H₀₋₁ wurde zurückgewiesen.

Hypothese H₂

Lernzuwachs: $SAQ_{zwi} = 2,8$; $df_1 = 2$; $s^2_{zwi} = 1,4$
 $SAQ_{in} = 185,6$; $df_2 = 57$; $s^2_{in} = 3,25$
 $F_{emp} = 0,43$; $F_{theo} = 3,15$
Ergebnis: $F_{emp} < F_{theo}$; H₀₋₂ trifft zu.

Behaltensleistung:

$SAQ_{zwi} = 7,24$; $df_1 = 2$; $s^2_{zwi} = 3,62$
 $SAQ_{in} = 288,7$; $df_2 = 57$; $s^2_{in} = 4,01$
 $F_{emp} = 0,9$; $F_{theo} = 3,15$
Ergebnis: $F_{emp} < F_{theo}$; H₀₋₂ trifft zu.

Die Nullhypothese H₀₋₂ konnte nicht zurückgewiesen werden.

Im Anschluß an das signifikante Resultat der Varianzanalyse zur Hypothese H_1 werden die Mittelwerte der Kontrollgruppe jeweils mit den Mittelwerten einer der Versuchsgruppen durch den t-Test verglichen. (vgl. Traxl 1974, S. 337)

Zuerst F-Test nach R.A. Fisher:

Lernzuwachs: $F_{\text{emp}} = 1,68; df_1 = 19; df_2 = 19; p = 0,05$
 $F_{\text{theo}} = 2,11; F_{\text{emp}} < F_{\text{theo}}$

Behaltensleistung: $F_{\text{emp}} = 1,66; df_1 = 19; df_2 = 19; p = 0,05$
 $F_{\text{theo}} = 2,11; F_{\text{emp}} < F_{\text{theo}}$

Ergebnis F-Test: Bei allen vier Stichproben besteht beim Lernzuwachs und bei der Behaltensleistung Varianzhomogenität. Der t-Test für unabhängige Stichproben mit homogener Varianz kann durchgeführt werden.

Hypothese H_3

Vergleich: Erklärungsmodelle Variante 1 - Kontrollversuch

Lernzuwachs: $M_1 = 3,4; s_1^2 = 2,74; N_1 = 20$
 $M_2 = 1,7; s_2^2 = 2,11; N_2 = 20$ $t_{\text{emp}} = 3,36$
 $df = 38; t_{\text{theo}} = 2,021; \text{gilt für alle folgenden Vergleiche}$

Ergebnis: $t_{\text{emp}} > t_{\text{theo}}; H_3$ trifft zu.

Behaltensleistung: $M_1 = 3,2; s_1^2 = 3,66; N_1 = 20$
 $M_2 = 2,05; s_2^2 = 2,54; N_2 = 20$ $t_{\text{emp}} = 2,013$

Ergebnis: $t_{\text{emp}} < t_{\text{theo}}; H_{0-3}$ trifft zu:

Hypothese H₄

Vergleich: Erklärungsmodelle Variante 2 - Kontrollversuch

Lernzuwachs: $M_1 = 3,9$; $s_1^2 = 2,99$; $N_1 = 20$ $t_{\text{emp}} = 4,25$

Ergebnis: $t_{\text{emp}} > t_{\text{theo}}$; H_4 trifft zu.

Behaltensleistung: $M_1 = 3,65$; $s_1^2 = 4,22$; $N_1 = 20$ $t_{\text{emp}} = 2,68$

Ergebnis: $t_{\text{emp}} > t_{\text{theo}}$; H_4 trifft zu.

Vergleich: Erkundungsmodelle - Kontrollversuch

Lernzuwachs: $M_1 = 3,5$; $s_1^2 = 3,55$; $N_1 = 20$ $t_{\text{emp}} = 3,30$

Ergebnis: $t_{\text{emp}} > t_{\text{theo}}$; H_4 trifft zu.

Behaltensleistung: $M_1 = 4,05$; $s_1^2 = 3,54$; $N_1 = 20$ $t_{\text{emp}} = 3,54$

Ergebnis: $t_{\text{emp}} > t_{\text{theo}}$; H_4 trifft zu.

Die Nullhypothese H_{0-4} wurde zurückgewiesen.

Folgerungen aus der Voruntersuchung für die Hauptuntersuchung und notwendige Änderungen:

- Die Fragestellung wird eingeeengt auf die Hypothese H_5 . (s.S. 68)
- Der angewendete Test ist als Meßinstrument geeignet und wird nur leicht verbessert erneut eingesetzt.
- Der Zeitfaktor wird bei den Kontroll- und Versuchsgruppen konstant gehalten.
- Die Zahl der Versuchspersonen wird erheblich erhöht.
- Die Zeitspanne zwischen Nachtest 1 und Nachtest 2 wird von 7 auf 14 Tage verlängert, um die Behaltensleistung besser zu erfassen.

Durch die Voruntersuchung wurde das komplexe Problemfeld der Modellmethode in groben Zügen analysiert. Die abschließende Hauptuntersuchung überprüft die wesentlichen Ergebnisse der Voruntersuchung.

3.6.2 Ergebnisse der Hauptuntersuchung

(siehe auch Anl. 4, S. 94 u. Anl. 9-14, S. 99 ff.)

Die Häufigkeit der richtig gelösten Aufgaben wies bei den 286 Schülern der Versuchs- und Kontrollgruppe der Hauptuntersuchung beim Vortest, Nachtest 1 und Nachtest 2 Normalverteilung auf.

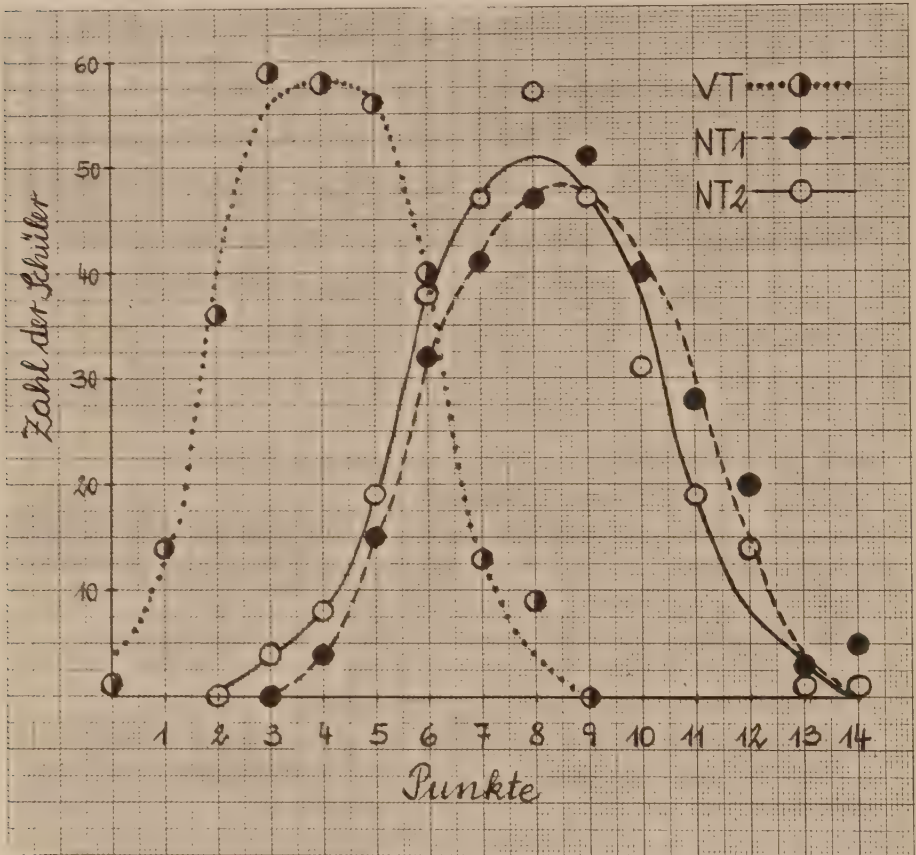


Abb. 28 Normalverteilungskurven der Hauptuntersuchung.

Überprüft durch χ^2 -Test für die Güte der Anpassung (s. Anlage 16). Normalverteilung gegeben ab $p \geq 0.05$;

VT: $.20 > p > .10$; NT 1: $.50 > p > .30$; NT 2: $.30 > p > .20$.

Hypothese H_5

a) Gesamtstichproben

(siehe Anl. 9 - 10 und Abb. S. 81)

F-Test nach R.A. Fisher:

Lernzuwachs: $F_{\text{emp}} = 1,62$; $df_1 = 152$; $df_2 = 132$; $p = 0,05$

$$F_{\text{theo}} = 1,25; F_{\text{emp}} > F_{\text{theo}}$$

Behaltensleistung: $F_{\text{emp}} = 1,57$; $df_1 = 152$; $df_2 = 132$; $p = 0,05$

$$F_{\text{theo}} = 1,25; F_{\text{emp}} > F_{\text{theo}}$$

Ergebnis F-Test: Keine Varianzhomogenität. Anwendung des t-Tests für heterogene Varianzen.

Lernzuwachs

Behaltensleistung

$t_{\text{emp}} = 12,22$; $t_{\text{theo}} = 0,46$ $t_{\text{emp}} = 13,44$; $t_{\text{theo}} = 0,43$

$$df_1 = 152; df_2 = 132;$$

$$t_1 = 1,96; t_2 = 1,98.$$

$t_{\text{emp}} > t_{\text{theo}}$; H_5 trifft zu. $t_{\text{emp}} > t_{\text{theo}}$; H_5 trifft zu.

b) Teilstichproben mit den leistungsstärksten drei Knaben und drei Mädchen aus jeder untersuchten Schulklasse (s. Anl. 11 - 12 und Abb. S. 82)

F-Test nach R.A. Fisher: $p = 0,05$; $df_1 = 29$; $df_2 = 29$; $F_{\text{theo}} = 1,90$

Lernzuwachs: $F_{\text{emp}} = 1,86$; $F_{\text{emp}} < F_{\text{theo}}$

Behaltensleistung: $F_{\text{emp}} = 1,87$; $F_{\text{emp}} < F_{\text{theo}}$

Ergebnis F-Test: Varianzhomogenität bei Lernzuwachs und Behaltensleistung.

t-Test: $df = 58$; $t_{\text{theo}} = 2,000$

Lernzuwachs: $t_{\text{emp}} = 6,296$; $t_{\text{emp}} > t_{\text{theo}}$; H_5 trifft zu.

Behaltensleistung: $t_{\text{emp}} = 7,108$; $t_{\text{emp}} > t_{\text{theo}}$; H_5 trifft zu.

c) Teilstichproben der vier Schulklassen, die nach Schülerzahl und Vorwissen am ähnlichsten sind (siehe Anl. 13 - 14 und Abb. S. 84)

F-Test Vorwissen: $F_{\text{emp}} = 1,57; df_1 = 58; df_2 = 57; p = 0,05$
 $F_{\text{theo}} = 1,70; F_{\text{emp}} < F_{\text{theo}}$

Ergebnis: Varianzhomogenität.

t-Test Vorwissen: $t_{\text{emp}} = 0,91; df = 115; t_{\text{theo}} = 1,980$
 $t_{\text{emp}} < t_{\text{theo}}$

Ergebnis: Der Unterschied im Vorwissen zwischen den beiden Stichprobenmittelwerten ist rein zufällig.

F-Test LZW u. Beh.: $p = 0,05; df_1 = 58; df_2 = 57; F_{\text{theo}} = 1,70$

Lernzuwachs : $F_{\text{emp}} = 1,68; F_{\text{emp}} < F_{\text{theo}}$

Behaltensleistung : $F_{\text{emp}} = 1,55; F_{\text{emp}} < F_{\text{theo}}$

Ergebnis: Varianzhomogenität bei Lernzuwachs und Behaltensleistung.

t-Test LZW u. Beh.: $df = 115; t_{\text{theo}} = 1,980$

Lernzuwachs : $t_{\text{emp}} = 5,93; t_{\text{emp}} > t_{\text{theo}}; \underline{H_5 \text{ trifft zu.}}$

Behaltensleistung : $t_{\text{emp}} = 7,38; t_{\text{emp}} > t_{\text{theo}}; \underline{H_5 \text{ trifft zu.}}$

Die Nullhypothese H_{0-5} wurde bei den Gesamtstichproben und bei den einander angeglichenen Teilstichproben der Hauptuntersuchung jeweils zurückgewiesen.

3.6.3 Diskussion der Ergebnisse der Vor- und Hauptuntersuchung

Bei der Mittelwertberechnung für die graphischen Darstellungen der Ergebnisse aus der Vor- und Hauptuntersuchung wurde das Vorwissen aus dem Vortest nicht vorher abgezogen. Dadurch kann der Vorwissensstand in die Diskussion besser miteinbezogen werden. Die eingezeichneten Standardabweichungen lassen keine auffälligen Schwankungen um den jeweiligen Mittelwert erkennen.

Voruntersuchung (s. Abb. 29)

Das Vorwissen von Kontrollgruppe und Versuchsgruppen der Voruntersuchung unterscheidet sich nicht signifikant voneinander. Auftretende Unterschiede zwischen den Stichprobenmittelwerten sind rein zufällig. Das erhöht die Vergleichbarkeit dieser Stichproben.

Erklärungsmodelle der Variante 1 und 2 und Erkundungsmodelle zeigen untereinander weder im Lernzuwachs noch in der Behaltensleistung signifikante Unterschiede. Beim Vergleich der Versuchsgruppen mit dem Kontrollversuch zeigt sich, daß lediglich die Behaltensleistung der Schüler bei den Erklärungsmodellen der Variante 1 nicht signifikant höher ist als bei der Kontrollgruppe; sonst sind durchgehend bei allen Versuchsgruppen Lernzuwachs und Behaltensleistung signifikant höher. Erklärungs- und Erkundungsmodelle weisen bei der Unterrichtsdauer erhebliche Unterschiede auf.

Worauf sind diese Sachverhalte zurückzuführen und welche Schlußfolgerungen können daraus für den Unterricht gezogen werden?

Die Übereinstimmung der Versuchsgruppen bei Lernzuwachs und Behaltensleistung wird auf die Einwirkung der Modellmethode zurückgeführt. Beim Vergleich der Versuchsgruppen mit der Kontrollgruppe zeigt sich, daß mit Hilfe der Modellmethode den Schülern biologische Lerninhalte besser verständlich

Voruntersuchung: Vergleich der Mittelwertergebnisse
 von 80 Schülern aus München, 4 Schulklassen,
 20 Vpn je Stichprobe, Höchstpunktzahl: 14.

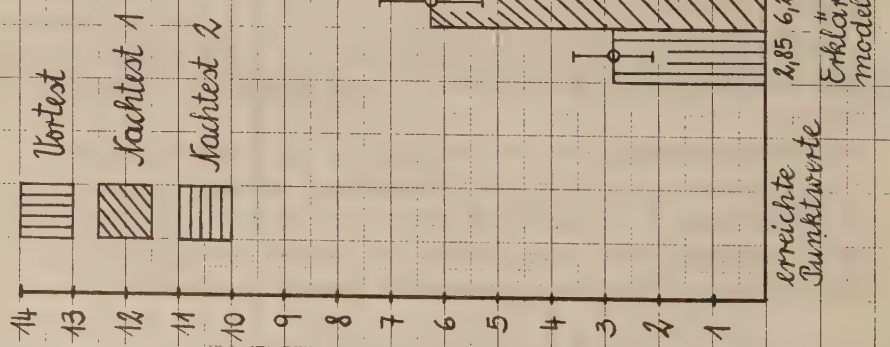


Abb. 29 Mittelwerte und Standardabweichungen im Lernzuwachs (Nachtest 1) und in der Behaltensleistung (Nachtest 2) der verschiedenen Versuchsgruppen der Voruntersuchung. Das Vorwissen (Vortest) unterscheidet sich nicht signifikant voneinander.

gemacht werden können. Die Modellmethode unterstützt Wissenserwerb und Behaltensleistung.

Trotz kürzerer Unterrichtsdauer ist der Lernzuwachs bei den Erklärungsmodellen der Variante 1 der Voruntersuchung unmittelbar nach dem Unterricht signifikant höher als beim Kontrollversuch. Dieses Ergebnis trat ein, obwohl die Schüler keine Gedankenexperimente durchführten, weder Ergebnisse aus Beobachtungen und Versuchen festhielten, noch Schlußfolgerungen daraus zogen und obwohl im Unterricht neben Modellen hauptsächlich nur der Lehrervortrag eingesetzt wurde. Hier wird besonders deutlich, daß die Modellmethode auf den Wissenserwerb einen starken Einfluß ausübt. Bei diesem Unterrichtsverfahren ist jedoch die Behaltensleistung im Vergleich zum Kontrollversuch bereits nach einer Woche statistisch nicht signifikant höher. Die abnehmende Behaltensleistung zeigt, daß die nachhaltige Wirkung einer längeren Unterrichtsdauer und die Eindrucksstärke von Verhaltensbeobachtungen und -versuchen mit lebenden Erdkröten fehlen.

Das Schlüsselexperiment der Voruntersuchung ist der Vergleich der Erklärungsmodelle Variante 2 mit dem Kontrollversuch. Bei gleicher Unterrichtsdauer sind Lernzuwachs und Behaltensleistung der Versuchsgruppe signifikant höher. Dieser Unterschied kann bei sonst gleichen Versuchsbedingungen deutlich auf die Modellmethode zurückgeführt werden.

Die Behaltensleistung bei den Erkundungsmodellen ist nicht signifikant höher als bei den Erklärungsmodellen. Daß bei den Erkundungsmodellen der Lernzuwachs unmittelbar nach dem Unterricht im Vergleich mit der Behaltensleistung nicht höher ausgefallen ist, wird auf die starke Belastung dieser Schüler durch die längere Unterrichtsdauer zurückgeführt. Gleichzeitig jedoch scheinen die Schüler durch den problemorientierten Unterricht motiviert worden zu sein, sich mit verhaltenskundlichen Fragen auch nach Unterrichtsende auseinanderzusetzen, wie das Ergebnis im Nachtest 2 vermuten läßt.

Bei der Kontrollgruppe wurde die Modellmethode nicht eingesetzt. Es trat dort ein geringerer Lernzuwachs und eine geringere Behaltensleistung als bei den Versuchsgruppen auf. Die Behaltensleistung der Kontrollgruppe ist größer als ihr Lernzuwachs. Der Unterricht mit lebenden Erdkröten hat bei den Schülern offenbar so viel Interesse wachgerufen, daß sie sich nachträglich noch selbständig mit den Fragestellungen des Unterrichts auseinandersetzen.

Erkundungsmodelle sind durch ihren hohen Zeitaufwand im Unterricht nur ausnahmsweise einsetzbar. Erklärungsmodelle beanspruchen wesentlich weniger Zeit, lassen den Schülern aber nur einen geringen Spielraum für die selbständige Anwendung fachgemäßer Arbeitsweisen. In Anlehnung an Guthrie (1967, S. 45 - 49), der in einer Studie die Wirkung deduktiver und induktiver Lehrmethoden miteinander verglich, wird empfohlen, weder dem deduktiven Vorgehen bei Erklärungsmodellen noch dem induktiven Lehrverfahren bei Erkundungsmodellen im Unterricht einen Vorrang einzuräumen. Wenn es darum geht, ein Lehrziel schnell zu erreichen, ist es vorteilhaft, im Unterricht mit Erklärungsmodellen zu arbeiten. Das selbständige Erkunden der Schüler sollte dann eingesetzt werden, wenn dies der Unterrichtsgegenstand zuläßt und dafür auch ausreichend Zeit zur Verfügung steht. Fachgemäße Arbeitsweisen lernen die Schüler in abgestufter Ausprägung sowohl bei den Erklärungs- als auch bei den Erkundungsmodellen kennen. Sie lernen Arbeitsweisen besser kennen, wenn sie diese selbst anwenden. Als pädagogisch wertvoller wird die umständlichere, aber aktive Auseinandersetzung der Schüler mit dem Natur-objekt angesehen.

Hauptuntersuchung

Bei der abschließenden Untersuchung wurde der Zeitfaktor konstant gehalten.

Beim Vergleich der Ergebnisse der Vor- mit denen der Hauptuntersuchung wird erkennbar, daß die Stadtschüler aus München

viel leistungsschwächer sind als die Landschüler. Das wird durch den Kontrollversuch nachgewiesen, der zeitgleich in identischer Weise in der Stadt und auf dem Land durchgeführt wurde. (vgl. KGr. Abb. 29 mit KGr. Abb. 30)

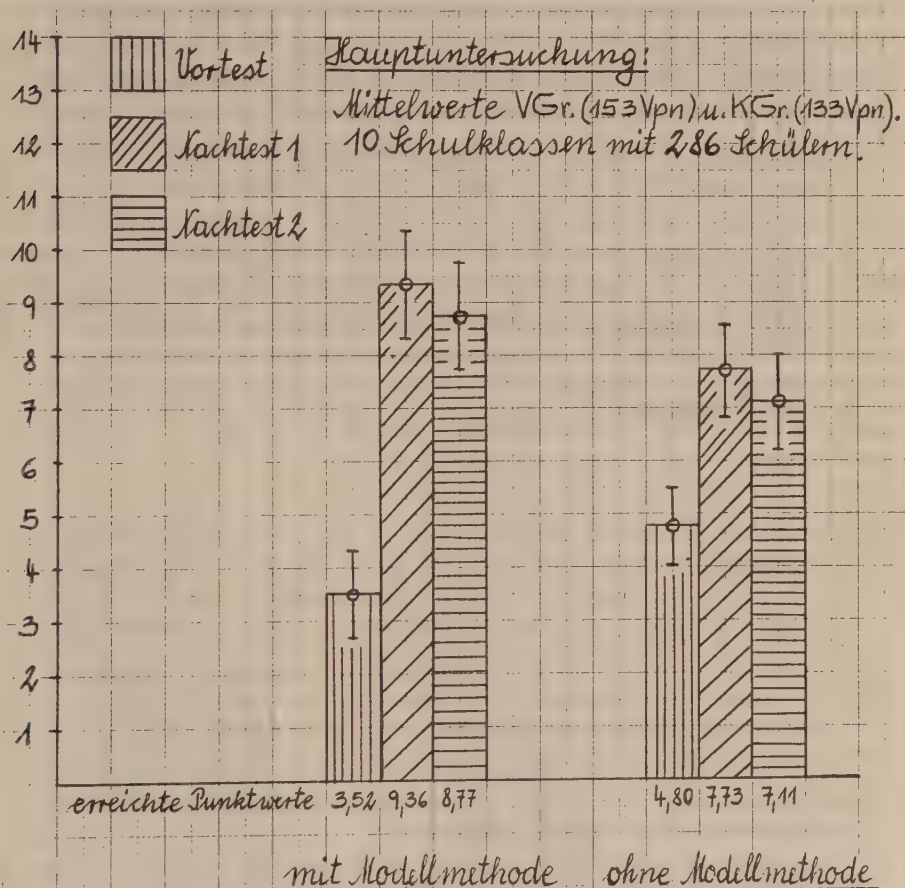


Abb. 30 Gesamtstichproben. Die Mittelwertergebnisse (mit Standardabweichungen) der Versuchs- und der Kontrollgruppe werden im Lernzuwachs (NT 1 - VT) und in der Behaltensleistung (NT 2 - VT) miteinander verglichen.

Die Leistungsschwäche der Hauptschüler in Großstädten ist eine bekannte Erscheinung. Die höhere Leistungsfähigkeit der Landschüler kann darauf zurückzuführen sein, daß auf dem Lande weniger Möglichkeiten für einen Real- oder Gymnasialschulbesuch

bestehen bzw. eine größere Neigung vorhanden ist, einen qualifizierten Hauptschulabschluß anzustreben. Bei den Gesamtstichproben wurden alle 286 Schüler aus 10 Schulklassen erfaßt, die am Vortest und Nachtest 1 und 2 teilgenommen hatten. Lernzuwachs und Behaltensleistung waren bei der Versuchsgruppe mit Modellmethode signifikant höher, als bei der Kontrollgruppe ohne Modellmethode. Das gleiche Ergebnis zeigten Teilstichproben mit jeweils 30 Schülern, zusammengestellt aus den leistungsstärksten drei Knaben und drei Mädchen aus jeder untersuchten Schulklasse.

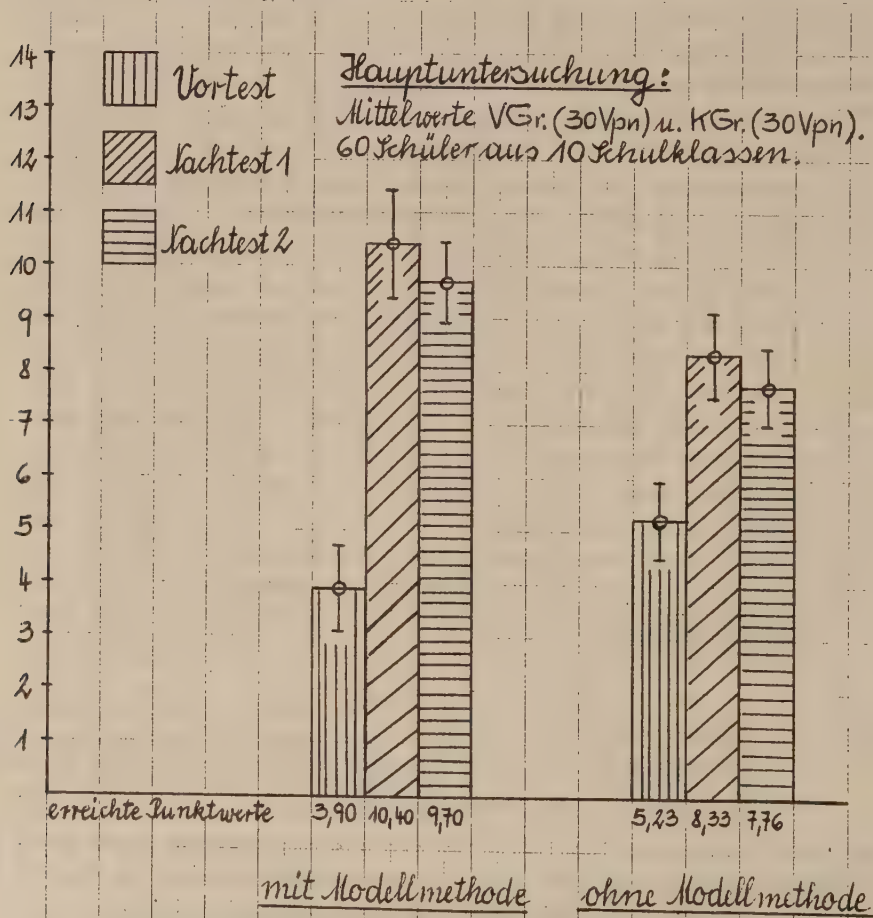


Abb. 31 Teilstichproben der leistungsstärksten Schüler.
Die Mittelweltergebnisse (mit Standardabweichungen) der Versuchs- und der Kontrollgruppe werden im Lernzuwachs (NT 1 - VT) und in der Behaltensleistung (NT 2 - VT) miteinander verglichen.

Beim Vergleich der Versuchsgruppe der Gesamtstichproben mit der Versuchsgruppe der Teilstichproben der leistungsstärksten Schüler wird zusätzlich erkennbar, daß durch die Modellmethode die intelligenteren Schüler einen höheren Lernzuwachs und eine höhere Behaltensleistung erreichen, als der Durchschnitt aller Schüler.

Das Vorwissen der Versuchs- und Kontrollgruppe der Gesamtstichproben und auch der 60 leistungsstärksten Schüler unterscheidet sich signifikant voneinander. Um Unterschiede im Vorwissen auszuschalten, werden nur solche Schulklassen aus den Gesamtstichproben ausgewählt, die beim Vortest einen annähernd gleichen Vorwissensstand besitzen. Auch bei diesen Teilstichproben mit 117 Schülern aus Schongau und Peiting, deren Vorwissen sich nicht signifikant voneinander unterscheidet, weist die Versuchsgruppe mit Modellmethode einen signifikant höheren Lernzuwachs und eine signifikant höhere Behaltensleistung als die Kontrollgruppe auf. (s. Abb. 32)

Hauptschullehrer, die als Klassenaufsicht oder aus Interesse sowohl bei den Versuchs- als auch bei den Kontrollgruppen dem Unterrichtsablauf zusahen, äußerten ohne Ausnahme folgende Ansicht: Der Unterricht ohne Modelle ist genauso gut wie der Unterricht mit Modellen. Die Modellmethode sei überflüssig. Einige Lehrer betrachteten sogar die einfache Attrappenarena als noch zu aufwendig. Die Arbeit mit lebenden Tieren allein schon motiviere die Schüler in ausreichender Weise und lasse dadurch einen guten Lernerfolg erwarten. Diese Auffassung entspricht ungefähr der allgemeinen Nullhypothese. Die statistischen Untersuchungsergebnisse widerlegten jedoch diesen nur äußeren Eindruck des Unterrichtsgeschehens sehr deutlich. Als abschließendes Gesamtergebnis der Hauptuntersuchung kann festgehalten werden: Wenn im Biologieunterricht der achten Schülerjahrgänge der Hauptschule bei der Erarbeitung des Unterrichtsthemas "Das Beutefangverhalten der Erdkröte" die Modellmethode angewendet wird, dann erhöht sich der Lernzuwachs

und die Behaltensleistung der Schüler signifikant gegenüber einem Unterricht ohne Anwendung der Modellmethode.

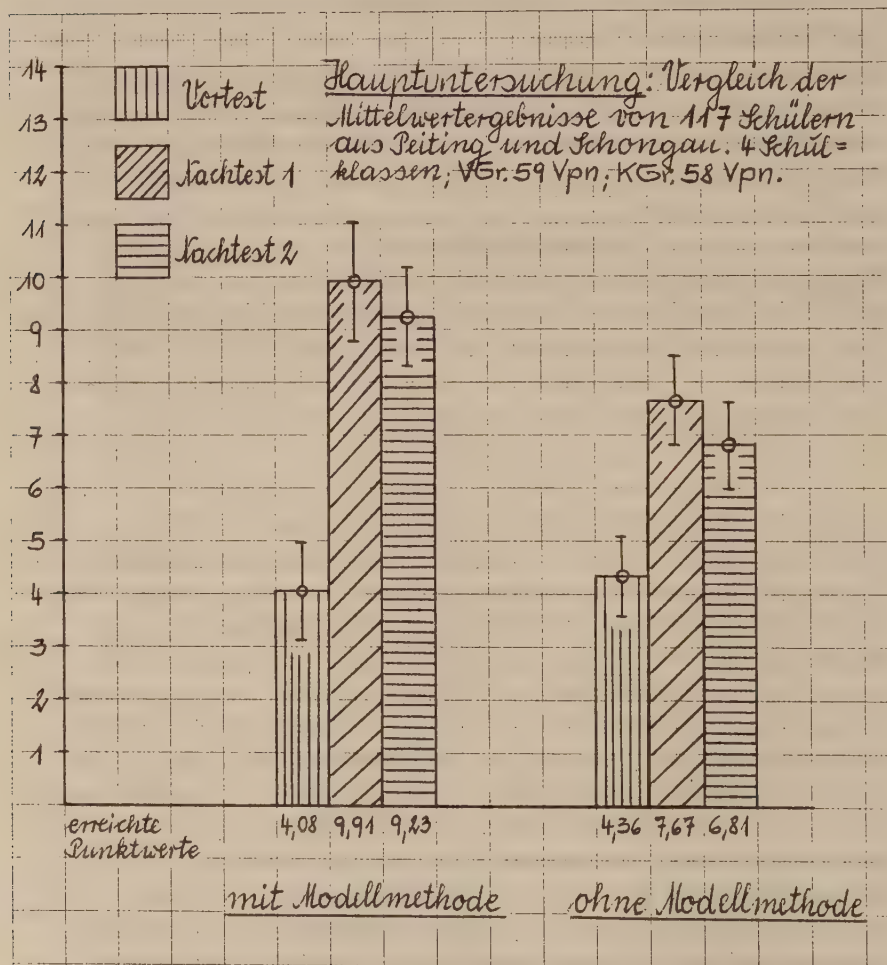


Abb.32 Teilstichproben mit annähernd gleichem Vorwissen. Das Vorwissen unterscheidet sich nicht signifikant voneinander. Die Mittelweltergebnisse (mit Standardabweichungen) der Versuchs- und der Kontrollgruppe werden im Lernzuwachs (NT 1 - VT) und in der Behaltensleistung (NT 2 - VT) miteinander verglichen.

4. Zusammenfassung

4.1 Didaktische Aufgaben der Modellmethode

- a) Die Modellmethode fördert die Sachgemäßheit. Durch den Vergleich zwischen Gegenstand und Modell wird der Blick für den Gegenstand selbst geschärft.
- b) Die Modellmethode dient als Denkhilfe. Modelle ermöglichen und erleichtern die gedankliche Durchdringung komplexer biologischer Sachverhalte.
- c) Vereinfachung ist eine zentrale Aufgabe der Modellmethode. "Nirgendwo geht es beim Lehren ohne das Vereinfachen." (Spranger 1958, S. 28)
- d) Die Modelle des Faches Biologie können im Unterricht als Erkundungs- oder Erklärungsmodelle Anwendung finden. Ein Unterricht mit Hilfe von Erkundungs- oder Erklärungsmodellen soll den Schülern das Verständnis biologischer Sachverhalte erleichtern.

4.2 Ergebnisse der empirischen Untersuchung zum Lernzuwachs und zur Behaltensleistung

- a) Ein Unterricht mit Hilfe von Erkundungsmodellen, zusammen mit Verhaltensbeobachtungen und -versuchen an lebenden Erdkröten, weist einen signifikant höheren Lernzuwachs und eine signifikant höhere Behaltensleistung auf, als ein sonst gleicher Unterricht, der jedoch nicht durch Modelle unterstützt wird.
- b) Ein Unterricht mit Hilfe von Erklärungsmodellen, mit bestätigenden Verhaltensbeobachtungen und -versuchen an lebenden Erdkröten zeigt einen signifikant größeren Lernzuwachs und eine signifikant größere Behaltensleistung, als ein entsprechender Kontrollunterricht ohne Modelle.

- c) Ein Verbalunterricht mit Hilfe von Erklärungsmodellen, aber ohne Verhaltensbeobachtungen und -versuche an lebenden Kröten, zeigt einen höheren Lernzuwachs, als ein Unterricht mit Verhaltensbeobachtungen und -versuchen an lebenden Kröten, der nicht durch Modelle unterstützt wird.

Diese Variante der Modellmethode zeigt jedoch bereits nach einer Woche keine signifikant höhere Behaltensleistung wie die Kontrollgruppe.

- d) Unterschiede hinsichtlich des Lernzuwachses und der Behaltensleistung zwischen verschiedenen Varianten der Modellmethode waren rein zufällig.
- e) Wenn es darum geht, ein Lernziel schnell zu erreichen, ist es vorteilhaft, mit Erklärungsmodellen zu arbeiten. Erkundungsmodelle sollten eingesetzt werden, wenn dies der Unterrichtsgegenstand zuläßt und ausreichend Zeit zur Verfügung steht.

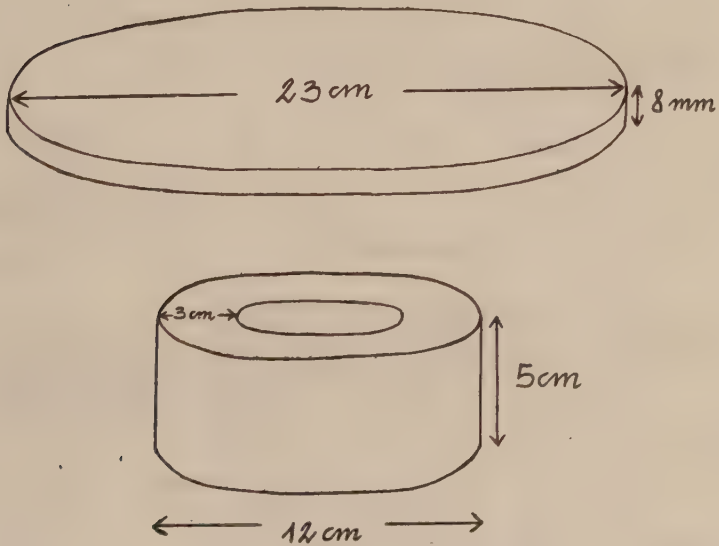
Aufgrund des empirischen Untersuchungsverfahrens im Unterrichtsfeld und der zuvor angestellten fachdidaktischen Überlegungen wird angenommen, daß die Ergebnisse dieser Arbeit auch für andere achte Hauptschulklassen Gültigkeit besitzen. Offen bleibt die Bedeutung der Modellmethode im Hinblick auf Lernzuwachs und Behaltensleistung für andere Schülerjahrgänge, andere Schultypen und auch bei der Behandlung anderer Unterrichtsthemen. Schon jetzt wird die Forderung gestellt, daß die Modellmethode besser als bisher in den Biologielehrplänen der Hauptschule Eingang finden sollte.

Anlage 1

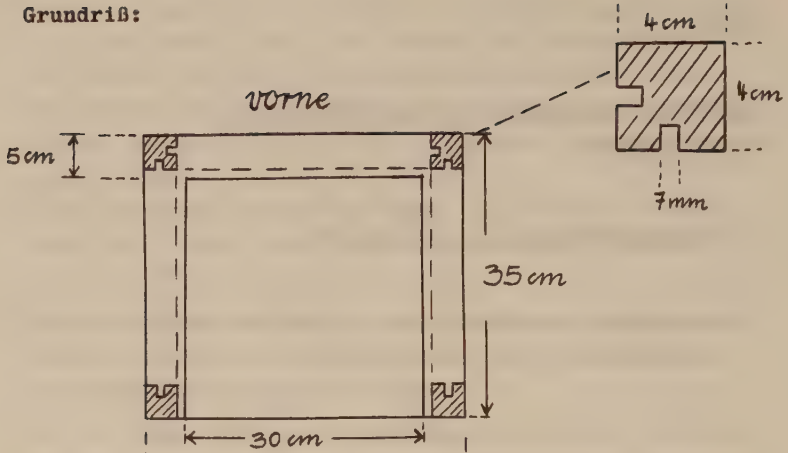
Konstruktionspläne - Attrappenkasten und
Attrappenarena

1. Attrappenkasten mit "Spionglas"

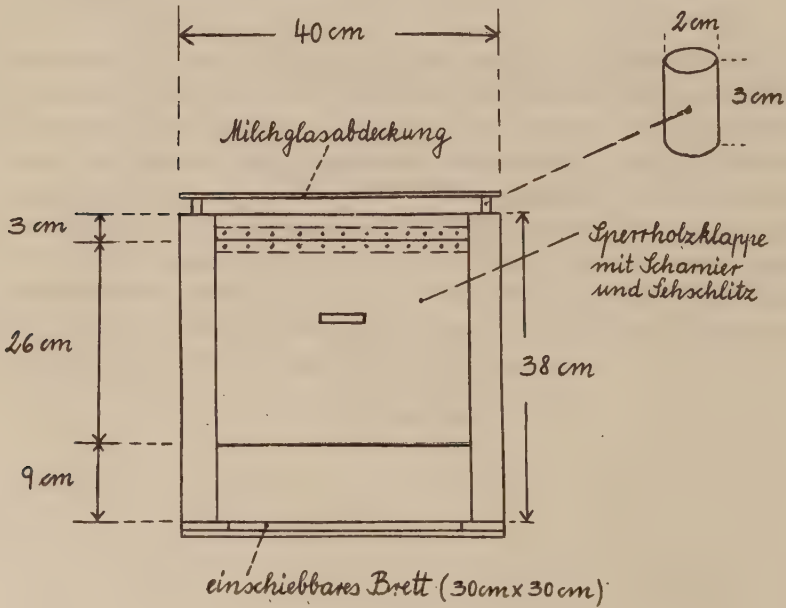
Kreisrunde Bühne aus Holz. Diese wird auf die
Antriebsvorrichtung montiert.



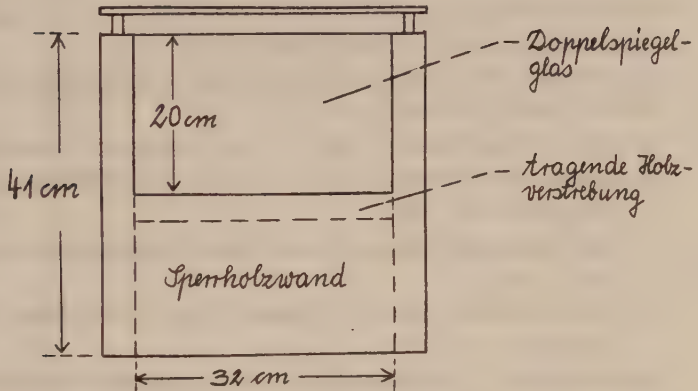
Grundriß:



Aufriß - Ansicht von hinten:

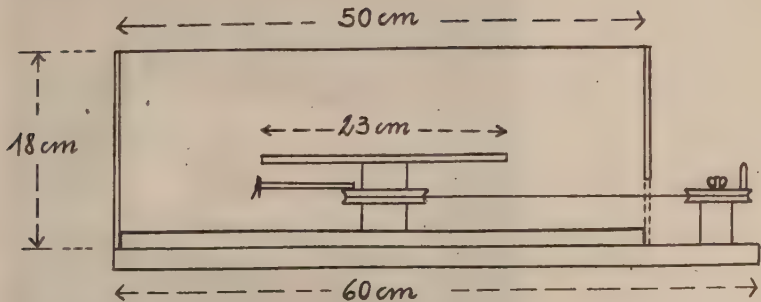


Aufriß - Ansicht von vorne und von der Seite:



2. Attrappenarena

Aufriß



Anlage 2

Unterrichtshilfen

- Lebende Erdkröten, Mehlwürmer und -käfer
- Einschlußpräparat einer Erdkröte
- Bildfolge: Beidäugiges Beutefixieren und Zungenschlag der Erdkröte (Transparent s. S. 14)
- Funktionsschaltbilder nach B. Hassenstein (Transparente):
 - a) Funktionsschaltbild für Bereitschaftsabhängiges Verhalten (s. S. 26)
 - b) Für Hauptschüler vereinfachtes Funktionsschaltbild (s. S. 26)
 - c) Funktionsschaltbild, ergänzt durch erklärende Beispiele (s. S. 27)
- Arbeitsblatt: Funktionsschaltbild zum Beutefangverhalten der Erdkröte (s. S. 92)
- Beobachtungsliste für Attrappenversuche (s. S. 91)
- Attrappenkasten mit "Spionglas" (s.S. 32)
- Attrappenarena (s.S. 33)
- Versuchsanordnung mit einer Glasscheibe (sinngemäß nach Hinsche 1928 und Hemmer 1978, S. 29) (s. S. 34)
- Krötenarena (Abb. 33)

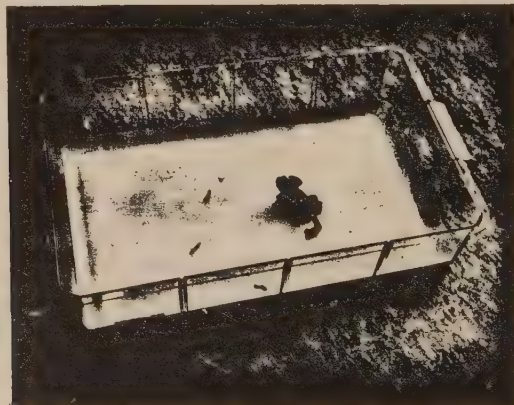


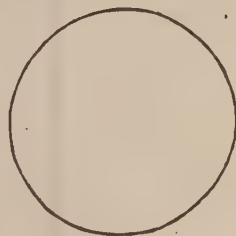
Abb. 33 Krötenarena zur Vorführung der Handlungsfolge beim Beutefang der Erdkröte.

Beobachtungsliste

Attrappe (Beutegestalt)	Zuwendungen je Minute (Geschw. d. Attrappe ca. 3cm/sec)				
	Kröte 1	Kröte 2	Kröte 3	Durchschnitt	Bem.
					
					

1. Zeichne einen Kreis um die wirksamste Attrappe. Mit welchem Beutetier kann ihre Gestalt verglichen werden?

2. Zeichne in den nebenstehenden Kreis den zur wirksamsten Attrappe (Schlüsselreiz) passenden „Gestaltfilter“ (Auslösemechanismus).



3. Erkläre die unterschiedliche Wirkung von waagerechten und senkrechten Attrappen gleicher Gestalt auf die Kröte.

Abb. 34 Beobachtungsliste für einfache quantitative Attrappenversuche der Schüler. Für eigene Attrappenentwürfe der Schüler wurde Platz frei gelassen. Die anschließenden Arbeitsaufträge (1.-3.) sollen das Verständnis der Begriffe Schlüsselreiz und Auslösemechanismus anbahnen helfen.

Funktionsschaltbild zum Beutefangverhalten der Erdkröte

Erdkröte

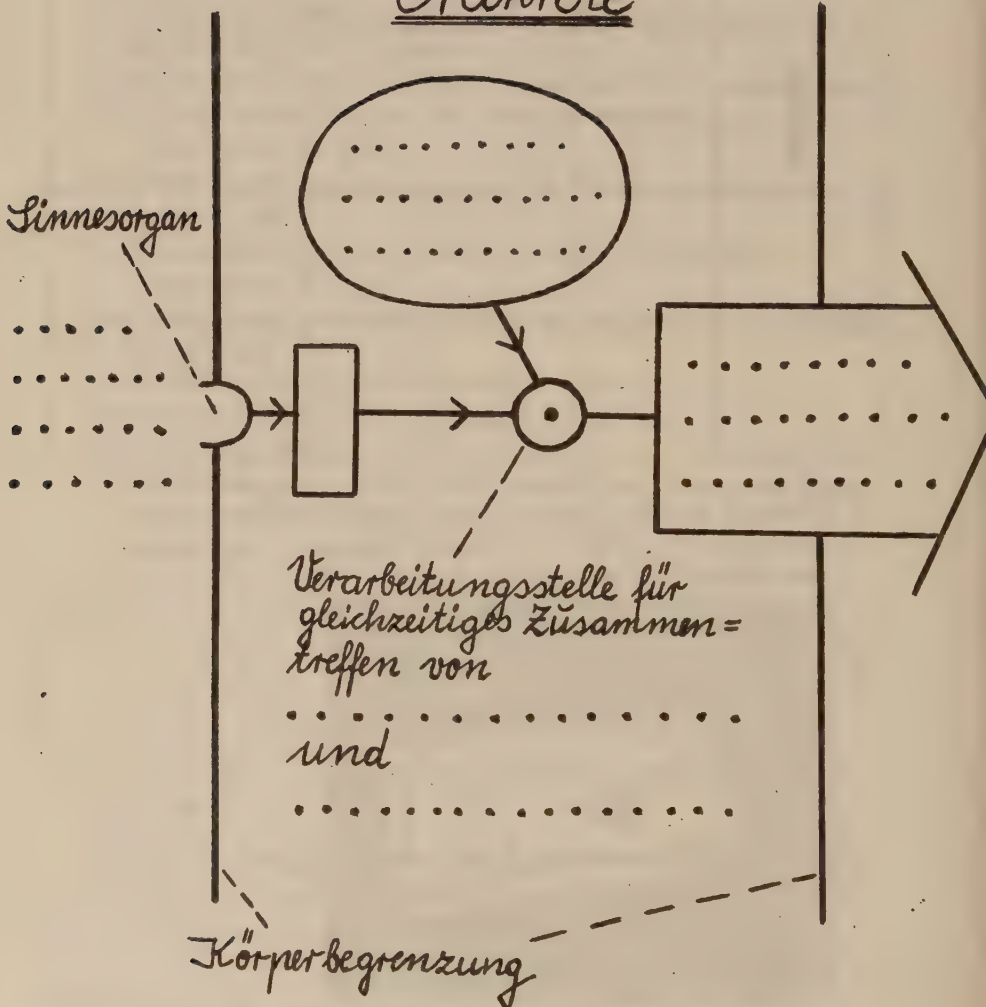


Abb. 35 Funktionsschaltbild als Arbeitsblatt zum Unterricht mit Hilfe von Erkundungsmodellen.

Anlage 3

Bei der Untersuchung eingesetzte statistische Verfahren

- a) Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung.
- b) Einfache Varianzanalyse zur Überprüfung von Mittelwertsdifferenzen zwischen mehreren Stichproben.
(vgl. Heller/Rosemann 1974, S. 198 ff.)
Der theoretische F-Wert wird in Tabelle IV (Kritische Werte von F nach Fisher & Yates) abgelesen.
(ebd., S. 264 ff.)
- c) t-Test nach Student zur Überprüfung der Mittelwertsdifferenzen zwischen zwei unabhängig gewonnenen Stichproben bei homogener Varianz. (ebd., S. 192 ff.)
(5 % Signifikanzniveau bei zweiseitigem Test)
- d) t-Test für Stichproben mit heterogenen Varianzen.
(ebd., S. 196)
(5 % Signifikanzniveau bei zweiseitigem Test)
- e) χ^2 -Test zur Prüfung auf Normalverteilung.
(ebd., S. 220 ff.)
- f) F-Test nach R.A. Fisher zur Überprüfung der Varianzhomogenität bei zwei oder mehr Stichproben.
(ebd., S. 197 f.)

Anlage 4

Ergebnisse der Schulklassen der Hauptuntersuchung
im Überblick

Versuchsgruppe					Kontrollgruppe				
Schulklasse	Zahl der Schüler	Summe der Punkte			Schulklasse	Zahl der Schüler	Summe der Punkte		
		VT	NT1	NT2			VT	NT1	NT2
VS Hohen- furch, Kl. 8	35	109	310	279	VS Bern- buren, Kl. 8	25	128	203	192
HS Peiting, Kl. 8 c	32	112	286	269	HS Schon- gau, Kl. 8 e	24	133	183	176
HS Peiting, Kl. 8 b	33	131	318	299	HS Peiting Kl. 8 a	32	139	237	214
HS Schon- gau, Kl. 8 d	26	110	267	246	HS Schon- gau, Kl. 8 a	26	114	208	181
HS Stein- gaden, Kl. 8 b	27	77	252	250	HS Stein- gaden, Kl. 8 a	26	125	198	183
Summe	153	539	1433	1343	Summe	133	639	1029	946

Anlage 5: Kontrollversuch der Vorunter- suchung, H.S. Blumenau, Kl. 8 d

Schüler	Schulnoten			Lösung= durchschnitt	Punkte aus			LZW/ NT 1 (NT 1 - VT)	Beh. NT 2 (NT 2 - VT)	NT 1		NT 2	
	Rechnen	Deutsch	Biologie		VT	NT 1	NT 2			x - M	(x - M) ²	x - M	(x - M) ²
1	A 1	2	2	A 1,66	2	4	6	2	4	0,3	0,09	1,95	3,80
2	A 1	2	2	A 1,66	3	6	8	3	5	1,3	1,69	2,95	8,70
3	A 2	2	2	A 2,0	3	5	7	2	4	0,3	0,09	1,95	3,80
4	A 3	2	2	A 2,33	2	3	2	1	0	-0,7	0,49	-2,05	4,20
5	A 3	3	2	A 2,66	3	3	4	0	1	-1,7	2,89	-1,05	1,10
6	A 3	3	2	A 2,66	4	0	6	3	2	1,3	1,69	-0,05	0,00
7	A 3	2	3	A 3,0	2	5	4	5	4	1,3	1,69	1,05	3,80
8	A 3	3	3	A 3,0	6	5	6	0	0	1,7	2,89	-2,05	4,20
9	A 3	3	3	A 3,33	4	5	4	1	0	-0,7	0,49	-2,05	4,20
10	A 4	3	3	A 3,33	3	4	7	1	4	0,7	0,49	1,95	3,80
11	A 3	3	3	A 3,33	1	2	3	1	1	-0,7	0,49	-0,05	0,00
12	A 3	4	3	A 3,66	3	2	4	1	1	0,7	0,49	1,05	1,10
13	A 4	3	4	A 4,0	3	4	4	1	1	-0,7	0,49	-0,05	0,00
14	A 4	4	4	B 2,66	1	1	3	2	2	0,3	0,09	-0,05	0,00
15	B 3	2	3	B 3,33	3	8	3	5	3	3,3	10,89	0,95	0,90
16	B 5	2	3	B 3,66	0	2	6	2	4	0,3	0,09	1,95	3,80
17	B 4	4	4	B 4,0	6	6	4	0	0	-1,7	2,89	-2,05	4,20
18	B 4	4	4	B 4,33	4	4	5	0	1	-1,7	2,89	-1,05	1,10
19													
20													
N = 20; Summe der Punkte					54	88	95						
$\sum x$								34	41		42,20		50,90
$M = \frac{\sum x}{N}$								1,70	2,05		2,11		2,54
$\sum (x - M)^2$													
$S^2 = \frac{\sum (x - M)^2}{N}$													
M					2,7	4,4	4,75						
S					1,65	1,66	1,65						

Anlage 6: Erklärungsmodelle - Variante 1

der Voruntersuchung, H.S. Blumenau, Kl. 8 b

Schüler	Schulnoten			Noten= durch- schnitt	Punkte aus		LZW NT1 (NT1-VT)	Beh. NT2 (NT2-VT)	NT1		NT2	
	Rechnen	Deutsch	Biologie		VT	NT1			X-M	(X-M) ²	X-M	(X-M) ²
1	A 1	2	1	A 1,33	2	5	3	5	-0,4	0,16	1,8	3,24
2	A 3	2	2	A 2,33	4	8	4	4	0,6	0,36	0,8	0,64
3	A 3	2	2	A 2,33	2	3	1	3	-2,4	5,76	-0,2	0,04
4	A 4	2	2	A 2,66	2	6	3	3	-0,4	0,16	-0,2	0,04
5	A 3	3	2	A 2,66	2	6	4	4	0,6	0,36	0,8	0,64
6	A 4	2	2	A 2,66	3	8	5	3	1,6	2,56	-0,2	0,04
7	A 4	2	2	A 2,66	4	7	3	5	-0,4	0,16	1,8	3,24
8	A 3	3	2	A 2,66	4	7	3	2	0,6	0,36	-1,2	1,44
9	A 2	3	3	A 2,66	3	7	4	2	-0,4	0,16	-1,2	1,44
10	A 4	3	3	A 2,66	4	5	4	2	0,6	0,36	-1,2	1,44
11	A 4	3	3	A 3,0	4	5	1	1	-2,4	5,76	-2,2	4,84
12	A 3	3	3	A 3,0	4	8	4	1	0,6	0,36	-2,2	4,84
13	A 4	3	3	A 3,33	3	5	2	2	-1,4	1,96	-1,2	1,44
14	A 4	3	3	A 3,33	2	8	6	5	2,6	6,76	1,8	3,24
15	A 4	4	2	A 4,0	1	2	1	6	-2,4	5,76	2,8	7,84
16	B 3	3	2	B 2,66	7	8	1	0	-2,4	5,76	-3,2	10,24
17	B 4	2	2	B 2,66	0	3	3	1	-0,4	0,16	-2,2	4,84
18	B 3	2	2	B 3,0	2	9	7	7	3,6	12,96	3,8	14,44
19	B 4	3	3	B 3,33	1	6	5	2	1,6	2,56	-1,2	1,44
20	B 4	4	3	B 3,66	3	6	3	2	-0,4	0,16	-1,2	1,44
N = 20; Summe der Punkte					57	125	121					
$\sum X$								68				
$M = \frac{\sum X}{N}$								64				
$\sum (X-M)^2$								3,20				
$S^2 = \frac{\sum (X-M)^2}{N}$												
				M	2,85	6,25	6,05					
				S	1,49	1,94	1,98					
										54,80		73,20
										2,74		3,66

Anlage 7: Erklärungsmodelle - Variante 2 der Voruntersuchung, HJ Blumenau, Kl. 8a

Schüler	Schulnoten		Noten= durchschnitt	Punkte aus		LZW/ NT1 (NT1-VT)	Beh. NT2 (NT2-VT)	NT1		NT2	
	Rechnen	Deutsch	Biologie	VT	NT1			x-M	(x-M) ²	x-M	(x-M) ²
1	A 1	2	2	2	6	4	4	0,1	0,01	0,35	0,12
2	A 1	3	2	5	6	3	1	-0,9	0,81	-2,65	7,02
3	A 4	2	1	2	6	4	5	0,1	0,01	1,35	1,82
4	A 2	3	2	1	6	6	0	2,1	4,41	1,35	1,82
5	A 3	3	2	6	6	1	0	-2,9	8,41	-3,65	13,32
6	A 3	2	2	4	6	4	2	0,1	0,01	-1,65	2,72
7	A 2	3	2	3	5	4	2	0,1	0,01	-1,65	2,72
8	A 3	4	2	3	8	6	7	2,1	4,41	3,35	11,22
9	A 3	3	3	1	7	3	2	-0,9	0,81	-1,65	2,72
10	A 3	3	3	5	5	1	1	-2,9	8,41	-2,65	7,02
11	A 3	3	3	4	8	6	4	2,1	4,41	0,35	0,12
12	A 3	3	3	2	5	4	4	0,1	0,01	0,35	0,12
13	A 3	3	3	3	5	2	4	-1,9	3,61	0,35	0,12
14	A 4	4	3	2	5	3	3	-0,9	0,81	0,35	0,12
15	A 4	4	3	2	5	3	3	-0,9	0,81	-0,65	0,42
16	A 4	4	4	1	5	2	2	-1,9	3,61	-1,65	2,72
17	A 4	4	4	0	5	4	3	0,1	0,01	-0,65	0,42
18	B 3	5	3	0	8	5	6	4,1	16,81	2,35	5,52
19	B 4	3	3	2	7	8	6	4,1	16,81	2,35	5,52
20				2	8	5	6	1,1	1,21	2,35	5,52
N=20; Summe der Punkte				47	125	120					
Σx						78	73				
$M = \frac{\Sigma x}{N}$						3,90	3,65				
$\Sigma (x-M)^2$									59,80		84,50
$S^2 = \frac{\Sigma (x-M)^2}{N}$											4,22
				M	2,35	6,25	6,0				
				S	1,69	1,44	1,29				

$N = 20$; Summe der Punkte

Anlage 9

Lfd.Nr. d.Vp	SN				♂ = 1 ♀ = 2	Punkte aus			LZW/NT1	Beh. NT2	NT1		NT2	
	R	D	B	NDS		VT	NT1	NT2			(NT1 - VT)	(NT2 - VT)	X - M ₁	(X - M ₁) ²
VS Hohenfurch, Kl. 8														
1	A2	2	1	A1,66	2	6	12	11	6	5	0,16	0,02	- 0,25	0,06
2	A2	2	1	A2,0	2	5	12	11	7	6	1,16	1,34	0,75	0,56
3	A4	2	2	A2,66	2	3	10	9	6	6	1,16	1,34	0,75	0,56
4	A4	2	2	A2,66	2	4	9	7	3	1	0,16	0,02	- 2,25	5,06
5	A3	2	2	A2,66	2	6	9	7	3	1	- 2,84	8,06	- 4,25	18,06
6	A3	3	3	A2,66	2	1	12	12	8	4	2,16	4,66	- 1,25	1,56
7	A3	3	3	A3,0	2	4	11	12	6	7	2,16	4,66	- 2,75	7,56
8	A3	2	4	A3,0	2	5	10	12	8	7	0,16	0,02	1,75	3,06
9	A3	2	4	A3,0	2	1	12	12	8	7	1,16	1,34	- 1,75	3,06
10	A3	2	4	A3,0	2	1	12	12	8	7	2,16	4,66	- 4,25	1,56
11	A4	3	4	A3,33	2	3	9	7	4	4	- 3,84	14,74	- 1,25	1,56
12	A3	3	4	A3,33	2	4	11	7	3	3	1,16	1,34	- 2,25	5,06
13	A3	3	4	A3,33	2	5	9	5	4	5	- 1,84	3,38	- 2,25	5,06
14	A3	3	4	A3,33	2	3	9	7	4	5	- 0,84	0,70	0,75	0,56
15	A3	4	4	A3,66	2	2	9	7	7	6	1,16	1,34	- 0,25	0,06
16	A3	4	4	A3,66	2	5	9	7	8	5	1,16	1,34	0,75	0,56
17	A4	3	4	A3,66	2	5	9	5	4	5	- 1,84	3,38	- 5,25	27,56
18	A4	3	4	A3,66	2	4	6	7	5	4	- 0,84	0,70	- 1,25	1,56
19	A4	4	4	A4,0	2	2	8	7	5	5	- 1,84	3,38	- 0,25	0,06
20	A4	4	4	A4,0	2	3	8	7	5	5	- 0,84	0,70	- 0,25	0,06
21	A4	4	5	A4,33	2	3	0	7	5	7	3,16	9,98	1,75	3,06
22	B2	2	3	B2,33	2	3	10	12	7	9	1,16	1,34	3,75	14,06
23	B3	2	3	B2,66	2	3	10	8	7	5	1,16	1,34	- 0,25	0,06
24	B3	3	4	B3,0	2	3	10	11	5	5	- 0,84	0,70	- 0,25	0,06
25	B4	3	4	B3,66	2	3	10	11	5	8	1,16	1,34	2,75	7,56
26	B4	3	4	B3,66	2	3	10	11	5	8	- 3,84	14,74	- 0,25	0,06
27	B4	4	4	B4,0	2	1	7	7	6	3	0,16	0,02	0,75	0,56
28	B4	4	4	B4,0	2	4	7	7	5	8	- 0,84	0,70	- 2,25	5,06
29	B5	4	4	B4,33	2	3	10	11	7	8	1,16	1,34	2,75	7,56
30	B4	4	5	B4,33	2	2	8	6	5	4	- 0,84	0,70	- 1,25	1,56
31	B4	5	5	B4,66	2	3	8	6	5	5	- 0,84	0,70	- 1,25	1,56
32	B4	5	5	B4,66	2	3	8	6	5	5	- 2,84	8,06	- 0,25	0,06
33	B5	5	5	B4,66	2	3	10	11	5	5	3,16	9,98	- 0,25	0,06
34	B6	5	4	B5,0	2	3	10	11	5	5	- 3,84	14,74	- 3,25	10,56
35	B5	5	5	B5,0	2	1	7	5	6	2	0,16	0,02	- 3,25	10,56
HS Peiting, Kl. 8b														
36	A2	2	1	A1,66	2	8	10	11	2	3	- 3,84	14,74	- 2,25	5,06
37	A2	2	2	A2,0	2	5	12	12	7	7	1,16	1,34	1,75	3,06
38	A2	2	2	A2,33	2	2	12	8	3	9	- 2,84	8,06	0,75	0,56
39	A3	2	2	A2,33	2	2	11	9	9	6	3,16	9,98	3,75	14,06
40	A3	2	2	A2,33	2	3	12	12	6	6	3,16	9,98	0,75	0,56
41	A3	2	2	A2,33	2	4	12	10	6	6	2,16	4,66	0,75	0,56
42	A3	2	2	A2,33	2	8	13	14	5	6	- 0,84	0,70	0,75	0,56
43	A3	3	3	A2,66	2	2	8	8	6	6	0,16	0,02	0,75	0,56
44	A4	2	2	A2,66	2	7	14	11	7	4	1,16	1,34	- 1,25	1,56
45	A4	3	3	A2,66	2	3	11	8	5	8	2,16	4,66	- 0,25	0,06
46	A4	3	3	A3,0	2	4	11	8	5	8	1,16	1,34	- 3,25	10,56
47	A3	3	3	A3,0	2	5	12	13	7	8	1,16	1,34	2,75	7,56
48	A3	3	3	A3,0	2	8	12	12	4	2	- 1,84	3,38	- 1,25	1,56
49	A4	4	4	A3,33	2	5	12	12	2	2	- 3,84	14,74	- 3,25	10,56
50	A3	4	4	A3,33	2	4	11	10	5	6	- 0,84	0,70	0,75	0,56
51	A4	3	3	A3,33	2	3	11	9	6	6	2,16	4,66	0,75	0,56
52	A4	3	3	A3,33	2	4	9	12	8	8	- 0,84	0,70	2,75	7,56
53	A4	3	3	A3,33	2	7	11	8	5	1	- 3,84	14,74	- 1,25	1,56
54	A4	3	3	A3,33	2	4	11	9	5	3	1,16	1,34	- 0,25	0,06
55	A4	3	3	A3,33	2	5	11	8	7	6	0,16	0,02	- 2,25	5,06
56	A4	4	3	A3,66	2	2	8	7	5	5	0,16	0,02	- 0,25	0,06
57	B3	2	3	B2,66	2	3	10	10	7	7	1,16	1,34	1,75	3,06
Summe:						107	538	492	331	285	222,62		257,42	

Lfd. Nr. d. Vp	SN				$\sigma = 1$ ♀ = 2	Punkte aus			LZW/NT	Bef. NT	NT I		NT 2	
	R	D	B	NDS		VT	NT1	NT2	(NT1-VT)	(NT2-VT)	x-M ₁	(x-M ₁) ²	x-M ₁	(x-M ₁) ²
libertrag						207	533	492	331	285	222,62		237,46	
58	B4	3	2	B3,0	2	4	11	9	7	5	1,16	1,34	-0,25	0,06
59	B4	3	3	B3,0	2	6	10	8	4	2	-1,84	3,38	-3,25	10,56
60	B4	2	3	B3,0	1	5	7	9	2	4	-3,84	14,74	-1,25	1,56
61	B4	3	3	B3,33	2	5	10	9	2	4	3,16	9,98	2,75	7,56
62	B3	3	4	B3,33	2	2	9	9	7	7	1,16	1,34	1,75	3,06
63	B4	4	3	B3,66	1	3	3	7	3	4	-2,84	8,06	-1,25	1,56
64	B4	4	3	B3,66	1	3	10	5	7	2	1,16	1,34	-3,25	10,56
65	B4	4	3	B3,66	1	2	6	6	4	4	-1,84	3,38	-1,25	1,56
66	B5	4	3	B4,0	1	2	7	7	4	4	-1,84	3,38	-1,25	1,56
67	B5	4	3	B4,0	1	2	7	7	4	4	-0,84	0,70	1,75	3,06
68	B5	4	5	B4,66	1	2	7	8	5	6	-0,84	0,70	0,75	0,56
HS Peiting, Kl. 8 c														
69	A4	2	1	A2,0	2	5	7	6	2	1	-3,84	14,74	-4,25	18,06
70	A4	2	1	A2,33	2	4	8	7	3	3	-1,84	3,38	-2,25	5,06
71	A4	2	2	A2,33	2	8	9	9	6	6	0,16	0,02	0,75	0,56
72	A3	3	2	A2,66	2	3	10	10	7	7	1,16	1,34	1,75	3,06
73	A4	3	2	A2,66	1	3	10	10	7	8	0,16	0,02	2,75	7,56
74	A4	2	2	A2,66	2	5	12	10	7	5	1,16	1,34	-0,25	0,06
75	A2	3	2	A2,66	2	6	9	10	3	4	-2,84	8,06	-1,25	1,56
76	A3	4	2	A3,0	2	4	11	10	8	7	2,16	4,66	1,75	3,06
77	A4	3	3	A3,0	2	4	8	8	4	3	-1,84	3,38	-1,25	1,56
78	A4	3	3	A3,0	2	4	9	9	5	5	-2,84	8,06	-0,25	0,06
79	A4	2	3	A3,0	2	4	9	9	5	5	-0,84	0,70	-0,25	0,06
80	A4	3	3	A3,33	1	4	9	8	5	4	-0,84	0,70	-1,25	1,56
81	A4	3	3	A3,33	2	3	10	10	7	7	1,16	1,34	1,75	3,06
82	A4	4	3	A3,66	2	1	3	3	2	2	-1,84	3,38	-3,25	10,56
83	A4	4	3	A3,66	1	1	14	8	11	5	5,16	26,62	-0,25	0,06
84	A4	4	3	A3,66	1	4	10	9	6	5	0,16	0,02	-0,25	0,06
85	A4	4	3	A3,66	1	6	11	10	5	4	-0,84	0,70	-1,25	1,56
86	A4	4	4	A4,0	1	2	6	6	3	3	-2,84	8,06	-2,25	5,06
87	B3	3	2	B3,66	2	3	10	9	8	7	2,16	4,66	1,75	3,06
88	B4	3	3	B3,33	2	4	10	9	6	5	0,16	0,02	-0,25	0,06
89	B3	3	4	B3,33	1	5	6	6	3	3	-2,84	8,06	-2,25	5,06
90	B4	4	3	B3,66	2	3	10	8	5	3	-0,84	0,70	-2,25	5,06
91	B4	4	3	B3,66	1	3	6	7	4	4	-2,84	8,06	-1,25	1,56
92	B4	4	3	B3,66	2	4	10	9	6	5	0,16	0,02	-0,25	0,06
93	B4	4	3	B3,66	2	3	11	10	8	7	2,16	4,66	1,75	3,06
94	B4	3	4	B3,66	1	3	11	10	8	7	2,16	4,66	1,75	3,06
95	B5	4	3	B4,0	1	3	9	10	6	6	0,16	0,02	1,75	3,06
96	B4	4	4	B4,0	1	1	4	5	4	4	-1,84	3,38	-1,25	1,56
97	B4	4	4	B4,0	2	1	5	8	2	4	-3,84	14,74	-1,25	1,56
98	B5	5	4	B4,33	1	2	11	9	8	6	2,16	4,66	0,75	0,56
99	B5	5	4	B4,66	1	2	8	6	6	6	0,16	0,02	-1,25	1,56
100	B5	5	5	B5,0	1	2	10	11	5	6	-0,84	0,70	0,75	0,56
HS Xiongzou, Kl. 8 d														
101	A2	2	2	A2,0	2	2	12	11	10	9	4,16	17,30	3,75	14,06
102	A2	2	3	A2,33	1	6	10	9	4	3	-1,84	3,38	-2,25	5,06
103	A2	2	3	A2,33	1	6	10	10	4	4	-1,84	3,38	-1,25	1,56
104	A2	2	3	A2,33	2	5	14	12	9	7	3,16	9,98	1,75	3,06
105	A3	3	2	A2,66	2	4	10	9	6	5	0,16	0,02	-0,25	0,06
106	A3	3	2	A2,66	1	3	12	11	9	7	3,16	9,98	2,75	7,56
107	A3	3	3	A2,66	2	4	11	10	8	6	1,16	1,34	0,75	0,56
108	A2	3	3	A2,66	1	3	8	8	0	3	-5,84	34,10	-2,25	5,06
109	A3	3	3	A3,0	1	5	4	8	5	5	0,16	0,02	-0,25	0,06
110	A3	3	3	A3,0	2	5	12	11	6	6	1,16	1,34	0,75	0,56
111	A3	3	3	A3,0	2	2	6	8	4	7	-1,84	3,38	-1,25	1,56
112	A4	4	2	A3,33	1	2	8	8	6	6	1,16	1,34	0,75	0,56
113	A4	3	3	A3,33	2	4	10	9	8	5	2,16	4,66	1,75	3,06
114	A4	3	3	A3,33	2	4	9	9	7	7	-0,84	0,70	-0,25	0,06
115	A4	3	4	A3,33	2	7	8	8	1	1	-4,84	23,42	-4,25	18,06
116	A4	3	4	A3,66	1	4	14	12	10	8	4,16	17,30	2,75	7,56
Summe:						419	1038	1003	659	584	5+3,48		431,96	

Jd. Nr.	SN				$c^1 = 1$ $c^2 = 2$	Punkte aus			LZWNT I	Bsp. NT I	NT I		NT 2		
	R	D	B	NDS		VT	NT I	NT 2			$x - M_1$	$(x - M_1)^2$	$x - M_1$	$(x - M_1)^2$	
Übertrag						419	1078	1003	659	584		543,48		432,46	
117	A5	3	3	A	3,66	2	5	11	10	6	5	C,16	C,02	-C,25	C,06
118	A4	3	4	A	3,66	2	6	11	9	5	5	-C,84	C,70	-2,25	5,06
119	B2	3	2	B	2,33	1	4	10	9	6	5	C,16	C,02	-C,25	C,06
120	B3	4	3	B	3,33	1	5	12	10	7	5	-1,16	1,34	-0,25	C,06
121	B4	4	3	B	3,66	1	5	9	8	4	3	-1,84	3,34	-2,25	5,06
122	B4	4	3	B	3,66	2	1	14	12	13	11	7,16	51,26	5,75	33,06
123	B4	5	3	B	4,0	1	4	8	7	4	3	-1,84	3,38	-2,25	5,06
124	B4	4	4	B	4,0	2	3	12	9	9	6	3,16	9,98	C,75	0,56
125	B4	4	4	B	4,0	1	6	6	6	0	C	-5,84	34,10	-5,25	27,56
126	B5	5	5	B	5,0	1	1	10	10	6	6	C,16	C,02	C,75	C,56
HS Seeringadin, Jhr. 84															
127	A2	2	1	A	1,66	2	6	12	10	6	4	C,16	C,02	-1,25	1,56
128	A3	2	2	A	2,33	2	8	9	10	8	8	1,16	1,34	2,75	7,56
129	A2	2	3	A	2,33	2	4	11	11	7	7	1,16	1,34	1,75	3,06
130	A4	2	2	A	2,66	2	2	8	8	6	6	-1,16	1,34	C,75	C,56
131	A3	2	3	A	2,66	2	5	11	11	7	6	C,16	C,02	C,75	C,56
132	A3	3	3	A	3,0	1	3	13	10	10	7	4,16	17,30	1,75	3,06
133	A3	3	3	A	3,0	1	2	12	11	10	9	4,16	17,30	3,75	14,06
134	A4	4	2	A	3,33	1	5	13	11	8	6	2,16	4,66	C,75	C,56
135	A3	4	3	A	3,33	1	2	11	12	9	10	3,16	9,98	4,75	22,56
136	A4	3	3	A	3,33	2	1	8	7	7	6	1,16	1,34	C,75	C,56
137	A4	3	3	A	3,33	2	2	7	8	5	6	-C,84	C,70	C,75	C,56
138	A3	3	4	A	3,33	1	2	10	10	8	6	C,16	C,02	2,75	7,56
139	A3	4	4	A	3,66	1	2	7	5	5	3	-C,84	C,70	-2,25	5,06
140	B3	3	2	B	2,66	2	3	8	8	5	5	-C,84	C,70	-C,25	C,06
141	B3	3	2	B	2,66	2	3	8	9	6	7	-1,84	3,34	C,75	0,56
142	B3	2	3	B	2,66	2	3	9	10	6	7	C,16	C,02	1,75	3,06
143	B3	3	3	B	3,0	2	2	12	12	10	10	4,16	17,30	4,75	22,56
144	B3	3	3	B	3,0	1	5	12	10	7	5	1,16	1,34	-C,25	0,06
145	B3	4	3	B	3,33	2	2	9	9	6	6	1,16	1,34	C,75	0,56
146	B3	3	4	B	3,33	1	2	9	9	6	6	C,16	C,02	C,75	0,56
147	B4	4	3	B	3,66	2	6	11	12	5	6	-C,84	C,70	C,75	0,56
148	B4	4	4	B	4,0	2	1	6	5	5	4	-C,84	C,70	-1,25	1,56
149	B5	4	4	B	4,33	2	1	11	10	10	9	4,16	17,30	3,75	14,06
150	B5	4	4	B	4,33	1	4	7	7	1	3	-4,84	23,42	-2,25	5,06
151	B6	4	4	B	4,66	1	2	7	10	5	8	-0,84	0,70	2,75	7,56
152	B4	5	5	B	4,66	1	3	7	8	5	8	-1,84	3,38	-C,25	0,06
153	B5	4	5	B	4,66	1	1	8	8	7	7	1,16	1,34	1,75	3,06

$N_1 = 153$; Summe der Punkte: 539 1433 1343

$\sum x$

$$M_1 = \frac{\sum x}{N_1}$$

$$\sum (x - M_1)^2$$

$$s_1^2 = \frac{\sum (x - M_1)^2}{N_1}$$

M 352 936 877
s 1,65 2,15 2,00

894 804

5,84 5,25

775,38

5,06

642,68

4,20

Anlage 10

Lfd. Nr.	SN				♂ = 1 ♀ = 2	Punkte aus			LZW NT 1	Bef. NT 2	NT 1		NT 2	
	R	D	B	NDS		VT	NT 1	NT 2			(NT 1 - VT)	(NT 2 - VT)	X - M ₂	(X - M ₂) ²
VS Bernbeuren, Kl. 8														
1	A1	3	2	A1,33	1	4	6	7	2	3	-0,93	0,86	0,69	0,47
2	A3	2	2	A2,33	1	8	10	10	2	2	-0,93	0,86	-0,31	0,09
3	A2	4	2	A2,66	1	10	10	10	0	2	-1,07	1,14	-1,69	2,85
4	A3	3	3	A3,0	2	6	11	11	4	5	2,07	4,28	2,69	7,23
5	A2	3	3	A3,33	1	4	9	6	3	3	2,07	4,28	0,69	0,47
6	A3	3	3	A3,33	2	3	11	9	7	5	0,07	0,00	0,69	0,47
7	A3	3	4	A3,33	2	7	12	12	4	3	1,07	1,14	0,69	0,47
8	A3	4	4	A3,66	1	5	8	7	1	2	-1,93	3,72	-0,31	0,09
9	A4	3	4	A3,66	2	5	8	7	1	2	-1,07	1,14	2,69	7,23
10	A4	3	3	B3,33	1	4	6	6	2	4	-0,93	0,86	-0,31	0,09
11	B3	4	3	B3,33	2	4	11	10	5	2	2,07	4,28	1,69	2,85
12	B4	3	3	B3,33	2	6	5	5	2	4	0,86	0,75	-1,31	1,71
13	B3	3	4	B3,33	2	5	7	7	2	4	-0,93	0,86	-2,31	5,33
14	B4	3	3	B3,66	1	5	8	8	3	3	-1,07	1,14	0,69	0,47
15	B3	4	4	B3,66	1	8	12	12	4	4	-1,07	1,14	-1,69	2,85
16	B3	4	4	B4,0	1	5	7	6	3	1	0,07	0,00	-0,31	0,09
17	B4	3	4	B4,0	1	4	8	7	1	5	-1,93	3,72	-1,31	1,71
18	B4	4	4	B4,0	1	2	6	7	1	6	3,07	9,42	2,69	7,23
19	B4	4	4	B4,0	1	2	8	7	3	3	0,07	0,00	-1,31	1,71
20	B4	4	4	B4,33	1	5	8	7	1	4	0,07	0,00	1,69	2,85
21	B3	5	5	B4,33	2	5	5	5	1	1	-1,93	3,72	-1,31	1,71
22	B4	4	5	B4,33	1	6	5	6	2	1	-0,93	0,86	-2,31	5,33
23	B4	4	5	B4,66	1	5	6	6	1	1	-1,93	3,72	-1,31	1,71
24	B4	5	5	B5,0	1	5	6	6	1	0	0,07	0,00	-2,31	5,33
25	B5	5	5			5	5	5	3	0				
HS Peiting, Kl. 8a														
26	A1	2	2	A2,0	2	5	8	8	3	3	0,07	0,00	0,69	0,47
27	A2	2	2	A2,0	2	7	9	8	0	1	-2,93	8,58	-1,31	1,71
28	A2	3	2	A2,33	2	3	9	9	6	2	3,07	9,42	3,69	13,61
29	A2	3	2	A2,33	1	6	10	8	6	5	1,07	1,14	0,31	0,09
30	A3	2	2	A2,33	1	2	7	7	5	3	2,07	4,28	2,69	7,23
31	A3	2	2	A2,33	1	4	11	10	2	2	-1,07	1,14	0,69	0,47
32	A3	2	2	A2,33	2	4	9	6	5	2	2,07	4,28	-0,31	0,09
33	A3	2	2	A2,33	2	6	7	6	4	0	-0,93	0,86	-2,31	5,33
34	A3	2	2	A2,33	2	3	8	6	3	3	1,07	1,14	0,69	0,47
35	A2	3	3	A2,33	1	1	7	7	1	0	-1,93	3,72	-2,31	5,33
36	A3	3	3	A2,66	1	6	10	9	3	3	1,07	1,14	0,69	0,47
37	A3	3	3	A2,66	1	5	5	5	0	2	-2,93	8,58	-0,31	0,09
38	A3	2	3	A2,66	2	2	11	9	1	7	6,07	36,84	4,69	21,99
39	A3	2	3	A2,66	1	6	11	7	1	1	-1,93	3,72	-1,31	1,71
40	A3	4	3	A3,0	2	4	10	8	1	4	3,07	9,42	1,69	2,85
41	A3	3	3	A3,0	2	4	8	5	4	1	-1,07	1,14	-1,31	1,71
42	A3	3	3	A3,0	1	4	9	6	5	0	2,07	4,28	-2,31	5,33
43	A3	3	3	A3,0	1	3	6	5	1	0	0,07	0,00	0,69	0,47
44	A3	3	3	A3,33	1	5	6	5	1	0	-1,93	3,72	-2,31	5,33
45	A3	5	3	A3,66	1	2	9	8	1	1	-2,93	8,58	-1,31	1,71
46	B3	3	3	B3,0	2	3	8	6	1	3	2,07	4,28	0,69	0,47
47	B4	3	3	B3,0	2	3	7	11	5	5	-1,93	3,72	2,69	7,23
48	B4	3	3	B3,33	2	4	7	7	3	3	0,07	0,00	0,69	0,47
49	B4	4	3	B3,66	1	6	7	7	1	3	-1,93	3,72	-0,31	0,09
50	B4	4	3	B3,66	1	4	7	8	2	2	-1,07	1,14	-1,31	1,71
51	B5	3	3	B3,66	2	3	6	6	3	3	0,07	0,00	0,69	0,47
52	B5	3	3	B3,66	1	3	6	6	3	3	-0,93	0,86	-0,31	0,09
53	B3	3	4	B3,66	1	2	5	6	3	2	0,07	0,00	1,69	2,85
54	B5	3	4	B4,0	1	3	5	5	2	2	-1,93	3,72	-0,31	0,09
55	B4	5	5	B4,33	1	3	5	5	2	2	-0,93	0,86	-2,31	5,33
56	B5	5	5	B4,66	1	3	5	5	2	2				
Summe:						266	1434	1402	168	136	178,00		168,46	

Gd.Nr.	SN				C ¹ =1 q=2	Punkte aus			LZW/NT1 (NT1-VT)	Bef. NT2 (NT2-VT)	NT1		NT2	
	d.Vp	R	D	B	NDS	VT	NT1	NT2			x-M ₂	(x-M ₂) ²	x-M ₂	(x-M ₂) ²
Übertrag						266	434	402	168	136		178,00		168,46
57	BS16	4		B3,0	1	1	6	4	5	3	2,07	4,28	0,69	0,47
HS Schongau, Kl. 8a														
58	A3	3	2	A2,66	2	3	8	8	5	5	2,07	4,28	2,69	7,23
59	A3	3	2	A2,66	2	6	9	8	3	2	0,07	0,00	-0,31	0,09
60	A3	3	2	A2,66	2	4	6	5	5	1	2,07	4,28	-1,31	1,71
61	A4	3	2	A3,0	2	6	10	9	4	3	1,07	1,14	0,69	0,47
62	A3	3	3	A3,0	2	4	8	7	4	3	1,07	1,14	0,69	0,47
63	A3	3	3	A3,0	2	3	10	7	7	3	4,07	16,56	3,69	13,61
64	A3	3	3	A3,0	2	5	8	7	3	2	0,07	0,00	-0,31	0,09
65	A4	3	3	A3,33	2	6	8	9	2	2	-0,93	0,86	0,69	0,47
66	A3	3	4	A3,33	1	5	7	7	3	2	1,07	1,14	-0,31	0,09
67	A3	3	4	A3,33	1	3	9	7	6	4	3,07	9,42	1,69	2,85
68	A4	3	2	A3,33	1	4	10	8	6	5	3,07	9,42	2,69	7,23
69	A3	3	4	A3,33	1	6	8	8	2	2	-0,93	0,86	-0,31	0,09
70	A3	3	4	A3,66	1	5	7	7	2	1	-0,93	0,86	-1,31	1,71
71	A4	4	4	A4,0	1	2	6	6	5	6	2,07	4,28	3,69	13,61
72	A4	4	4	A4,0	1	5	6	8	1	3	-1,93	3,72	0,69	0,47
73	A5	3	4	A4,0	2	5	9	5	4	3	-0,93	0,86	0,69	0,47
74	A3	4	5	A4,0	2	5	9	5	4	3	1,07	1,14	-2,31	5,33
75	A5	4	4	A4,33	2	5	7	6	4	1	-0,93	0,86	-1,31	1,71
76	A4	4	5	A4,33	2	3	9	7	6	6	3,07	9,42	-1,31	1,71
77	B4	3	3	B3,33	2	3	7	7	6	4	3,07	9,42	1,69	2,85
78	B4	3	3	B3,66	2	4	8	6	4	3	1,07	1,14	0,69	0,47
79	B4	4	4	B4,0	1	5	6	6	1	3	-1,93	3,72	-1,31	1,71
80	B5	3	3	B4,0	1	5	8	7	3	1	0,07	0,00	-1,31	1,71
81	B5	3	4	B4,0	1	5	7	6	2	1	-0,93	0,86	-1,31	1,71
82	B4	3	5	B4,0	1	6	6	6	0	0	-2,93	8,58	-2,31	5,33
83	B5	4		B4,33	1	3	8	7	0	4	2,07	4,28	1,69	2,85
HS Schongau, Kl. 8e														
84	A2	2	2	A2,0	1	7	8	8	2	1	-0,93	0,86	-1,31	1,71
85	A2	2	2	A2,33	1	5	7	7	2	2	-0,93	0,86	-0,31	0,09
86	A3	3	2	A2,66	1	6	6	7	0	3	-2,93	8,58	0,69	0,47
87	A3	3	2	A2,66	1	6	7	7	1	1	-1,93	3,72	-1,31	1,71
88	A3	3	2	A2,66	1	5	8	7	2	0	0,07	0,00	-0,31	0,09
89	A3	3	2	A2,66	2	8	9	8	1	0	-1,93	3,72	-2,31	5,33
90	A4	3	2	A3,0	2	6	8	7	2	0	-0,93	0,86	-1,31	1,71
91	A3	3	3	A3,0	2	5	11	8	6	3	3,07	9,42	0,69	0,47
92	A4	3	3	A3,0	2	5	8	9	3	4	0,07	0,00	1,69	2,85
93	A4	3	3	A3,33	2	6	10	8	4	2	1,07	1,14	-0,31	0,09
94	A5	3	3	A3,66	2	6	6	7	0	0	-2,93	8,58	-0,31	0,09
95	A4	3	4	A4,0	2	6	8	7	0	0	-2,93	8,58	-2,31	5,33
96	B3	2	2	B2,33	2	5	5	5	0	3	-2,93	8,58	0,69	0,47
97	B2	3	3	B2,66	2	8	10	11	2	3	-0,93	0,86	0,69	0,47
98	B2	4	3	B3,0	2	8	12	10	4	2	1,07	1,14	-0,31	0,09
99	B3	3	3	B3,0	2	4	6	9	2	5	-0,93	0,86	2,69	7,23
100	B3	3	3	B3,0	2	5	9	8	4	3	1,07	1,14	0,69	0,47
101	B4	4	3	B3,66	1	4	10	9	4	3	1,07	1,14	0,69	0,47
102	B4	5	3	B4,0	1	4	5	9	1	2	-1,93	3,72	-2,31	5,33
103	B4	5	3	B4,0	1	7	7	6	2	0	-0,93	0,86	-2,31	5,33
104	B4	5	4	B4,33	1	2	7	4	5	0	2,07	4,28	0,69	0,47
105	B4	5	4	B4,33	1	4	4	4	5	0	-2,93	8,58	-2,31	5,33
106	B4	5	4	B4,33	1	4	4	4	1	0	-1,93	3,72	-2,31	5,33
107	B5	5	4	B4,66	1	4	5	5	1	1	-1,93	3,72	-1,31	1,71
HS Steingaden, Kl. 8a														
108	A3	3	2	A2,66	1	5	6	6	2	1	-0,93	0,86	-1,31	1,71
109	A3	3	2	A2,66	1	5	6	5	1	0	-1,93	3,72	-2,31	5,33
110	A3	3	2	A2,66	2	6	7	7	1	3	-1,93	3,72	-1,31	1,71
111	A3	3	2	A2,66	2	4	7	7	3	3	0,07	0,00	0,69	0,47
112	A3	3	2	A2,66	1	6	8	8	2	2	-0,93	0,86	-0,31	0,09
Summe;						540	866	796	326	257		374,60		306,62

Lfd. Nr. d. Vp	SN				$\sigma = 1$ $\varphi = 2$	Punkte aus			LZWNT1 (NT1 - VT)	Beh. NT2 (NT2 - VT)	NT 1		NT 2	
	R	D	B	NDS		VT	NT1	NT2			x - M ₂	(x - M ₂) ²	x - M ₂	(x - M ₂) ²
Übertrag														
113	A2	3	3	A2,66	2	540	866	796	326	257	- 0,93	374,60	0,86	306,62
114	A2	3	3	A2,66	1	4	6	7	2	3	2,07	4,28	0,69	0,47
115	A4	3	2	A3,0	2	3	8	6	5	3	1,07	1,14	0,69	0,47
116	A3	3	3	A3,0	2	4	8	8	3	3	0,07	0,00	0,69	0,47
117	A3	3	3	A3,0	2	6	8	9	2	3	- 0,93	0,86	0,69	0,47
118	A4	2	3	A3,0	2	5	10	8	5	3	2,07	4,28	0,69	0,47
119	A3	3	4	A3,33	1	5	7	6	2	1	- 0,93	0,86	- 1,31	1,71
120	A4	3	4	A3,66	1	3	6	7	3	4	0,07	0,00	1,69	2,85
121	B4	4	3	B3,0	1	5	8	6	3	1	0,07	0,00	- 1,31	1,71
122	B3	3	3	B3,0	2	6	10	8	2	2	1,07	1,14	- 0,31	0,09
123	B3	3	3	B3,0	2	7	9	8	2	1	- 0,93	0,86	- 1,31	1,71
124	B4	4	2	B3,33	1	7	7	7	0	0	- 2,93	8,58	- 2,31	5,33
125	B3	4	3	B3,33	2	5	8	8	3	3	0,07	0,00	0,69	0,47
126	B3	4	3	B3,33	2	6	8	7	2	1	- 0,93	0,86	- 1,31	1,71
127	B4	3	3	B3,33	2	4	8	9	4	5	1,07	1,14	2,69	7,23
128	B4	3	3	B3,33	1	6	9	9	3	3	0,07	0,00	0,69	0,47
129	B4	3	3	B3,33	1	4	7	6	3	2	0,07	0,00	- 0,31	0,09
130	B3	5	3	B3,66	1	3	6	3	3	0	0,07	0,00	- 2,31	5,33
131	B4	3	4	B3,66	2	5	9	8	4	3	1,07	1,14	0,69	0,47
132	B4	4	4	B4,0	1	3	4	4	1	1	- 1,93	3,72	- 1,31	1,71
133	B5	5	5	B5,0	3	3	4	4	6	6	3,07	9,42	3,69	13,61

N₂ = 133, Summe der Punkte:

Σ x

M₂ = $\frac{\sum x}{N_2}$

Σ (x - M₂)²

S₂ = $\frac{\sum (x - M_2)^2}{N_2}$

M	14,80	7,73	7,11
S	1,47	1,75	1,78

390

308

2,93

2,31

413,74

353,93

3,11

2,66

Anlage 11

Ufd. Nr. d. Vp	SN				$\sigma^2 = 1$ $\varphi = 2$	Punkte aus			LZW NT1 (NT1 - VT)	Beh. NT2 (NT2 - VT)	NT 1		NT 2	
	R	D	B	NDS		VT	NT1	NT2			X - M ₁	(X - M ₁) ²	X - M ₁	(X - M ₁) ²
VS Rohrsfurch, Kl. 8														
1	A2	2	1	A1,66	2	6	12	11	6	5	- 0,5	0,25	- 0,8	0,64
2	A3	2	1	A2,0	2	5	12	11	7	6	0,5	0,25	0,2	0,04
3	A4	2	2	A2,66	2	3	10	9	6	6	0,5	0,25	0,2	0,04
9	A3	2	4	A3,0	1	8	8	8	7	7	0,5	0,25	1,2	1,44
11	A4	3	3	A3,33	1	5	7	9	2	4	- 4,5	20,25	- 1,8	3,24
12	A3	3	4	A3,33	1	4	11	7	7	3	0,5	0,25	- 2,8	7,84
HS Peiting, Kl. 8 b														
36	A2	2	1	A1,66	1	8	10	11	2	3	- 4,5	20,25	- 2,8	7,84
37	A2	2	2	A2,0	1	5	12	12	7	7	0,5	0,25	1,2	1,44
38	A3	2	2	A2,33	2	2	11	8	3	6	- 3,5	12,25	0,2	0,04
39	A3	2	2	A2,33	2	2	11	11	9	9	2,5	6,25	3,2	10,24
40	A3	2	2	A2,33	2	3	12	9	6	6	2,5	6,25	0,2	0,04
41	A3	2	2	A2,33	2	4	12	10	8	6	1,5	2,25	0,2	0,04
HS Peiting, Kl. 8 c														
69	A3	2	1	A2,0	2	5	7	6	2	1	- 4,5	20,25	- 4,8	23,04
70	A4	2	1	A2,33	2	4	8	7	4	3	- 2,5	6,25	- 2,8	7,84
71	A3	2	2	A2,33	2	3	9	9	6	6	- 0,5	0,25	0,2	0,04
73	A3	3	2	A2,66	1	2	8	10	6	8	- 0,5	0,25	2,2	4,84
76	A3	4	2	A3,0	1	3	11	10	8	7	1,5	2,25	1,2	1,44
80	A4	3	3	A3,33	1	4	11	8	5	4	- 1,5	2,25	- 1,8	3,24
HS Khongau, Kl. 8 d														
101	A2	2	2	A2,0	2	2	12	11	10	9	3,5	12,25	3,2	10,24
102	A2	3	2	A2,33	1	6	10	9	4	3	- 4,5	20,25	- 2,8	7,84
103	A2	2	3	A2,33	1	6	10	10	4	4	- 4,5	20,25	- 1,8	3,24
104	A2	2	3	A2,33	2	5	14	12	9	7	2,5	6,25	1,2	1,44
105	A3	3	2	A2,66	2	4	10	9	6	5	- 0,5	0,25	- 0,8	0,64
106	A3	3	2	A2,66	1	3	12	11	9	8	2,5	6,25	2,2	4,84
HS Steingaden, Kl. 8 b														
127	A2	2	1	A1,66	2	6	12	10	6	4	- 0,5	0,25	- 1,8	3,24
128	A3	2	2	A2,33	2	2	9	10	7	8	0,5	0,25	2,2	4,84
129	A2	2	3	A2,33	2	4	11	11	7	7	0,5	0,25	1,2	1,44
132	A3	3	3	A3,0	1	3	13	10	10	7	3,5	12,25	1,2	1,44
133	A3	3	3	A3,0	1	2	12	11	10	9	3,5	12,25	3,2	10,24
134	A4	4	2	A3,33	1	5	13	11	8	6	1,5	2,25	0,2	0,04
N ₁ = 30, Summe der Punkte:						117	312	291						
$\sum x$									195	174				
$M_1 = \frac{\sum x}{N_1}$									6,50	5,80				
$\sum (x - M_1)^2$											165,50		122,80	
$S_1^2 = \frac{\sum (x - M_1)^2}{N_1}$											5,51		4,09	
M						3,9	10,4	9,7						
S						1,62	2,09	1,51						

Anlage 12

Zfl. Nr.	SN				$\sigma = 1$ ♀ = ♀	Punktionen			LZW NT 1	Beip. NT 2	NT 1		NT 2		
	R	D	B	NDS		VT	NT 1	NT 2			(NT 1 - VT)	(NT 2 - VT)	$x - M_2$	$(x - M_2)^2$	$x - M_2$
VS Bernbeuren, Ki. 8															
1	A2	3	2	A2,33	1	4	6	7	2	3	-1,1	1,21	0,47	0,22	
2	A3	2	2	A2,33	1	8	10	10	2	2	-1,1	1,21	-0,53	0,28	
3	A2	4	2	A2,66	1	6	10	10	4	4	0,9	0,81	-1,47	2,16	
4	A3	3	3	A3,0	2	6	11	11	5	5	1,9	3,61	2,47	6,10	
5	A4	5	3	A3,33	1	4	9	7	3	3	1,9	3,61	0,47	0,22	
6	A3	3	4	A3,33	2	3	6	6	3	3	-0,1	0,01	0,47	0,22	
HS Peiting, Ki. 8.a															
26	A2	2	2	A2,0	2	5	8	8	3	3	-0,1	0,01	0,47	0,22	
27	A2	2	2	A2,0	2	7	7	8	1	1	-3,1	9,61	-1,53	2,34	
28	A4	3	2	A2,33	2	3	9	8	6	6	2,9	8,41	3,47	12,04	
29	A2	3	2	A2,33	1	6	10	8	2	2	0,9	0,81	-0,53	0,28	
31	A3	2	2	A2,33	1	7	11	10	3	3	0,9	0,81	0,47	0,22	
35	A4	2	3	A2,33	1	7	8	7	1	1	-2,1	4,41	-2,53	6,40	
HS Schongau, Ki. 8.a															
58	A3	3	2	A2,66	2	3	8	8	5	5	1,9	3,61	2,47	6,10	
59	A3	2	3	A2,66	1	6	9	8	2	2	-0,1	0,01	-0,53	0,28	
60	A3	2	3	A2,66	2	4	9	5	1	1	-1,9	3,61	-1,53	2,34	
61	A4	3	2	A3,0	2	6	10	9	3	3	0,9	0,81	0,47	0,22	
66	A3	3	4	A3,33	1	5	9	7	2	2	0,9	0,81	-0,53	0,28	
67	A3	3	4	A3,33	1	3	9	7	4	4	2,9	8,41	-1,47	2,16	
HS Schongau, Ki. 8.e															
84	A2	2	2	A2,0	1	7	9	8	2	1	-1,1	1,21	-1,53	2,34	
85	A2	3	2	A2,33	1	5	6	7	2	2	-1,1	1,21	-0,53	0,28	
86	A3	3	2	A2,66	1	6	6	9	1	1	-3,1	9,61	0,47	0,22	
89	A3	3	2	A2,66	2	8	9	8	1	0	-2,1	4,41	-2,53	6,40	
91	A3	3	3	A3,0	2	5	11	8	3	3	2,9	8,41	0,47	0,22	
92	A4	2	3	A3,0	2	5	8	9	4	4	-0,1	0,01	1,47	2,16	
HS Steingaden, Ki. 8.a															
108	A3	3	2	A2,66	1	5	7	6	2	1	-1,1	1,21	-1,53	2,34	
109	A3	3	2	A2,66	1	5	6	7	1	0	-2,1	4,41	-2,53	6,40	
110	A3	3	2	A2,66	1	6	7	7	1	1	-2,1	4,41	-1,53	2,34	
111	A3	3	2	A2,66	1	4	7	7	3	3	-0,1	0,01	0,47	0,22	
113	A4	3	3	A2,66	2	4	6	7	2	3	-1,1	1,21	0,47	0,22	
115	A4	3	2	A3,0	2	4	8	7	4	3	0,9	0,81	0,47	0,22	
$N_2 = 30$; Summe der Punkte						157	150	127							
$\sum x$								93		76					
$M_2 = \frac{\sum x}{N_2}$								3,10		2,53					
$\sum (x - M_2)^2$											88,70		65,44		
$S_2^2 = \frac{\sum (x - M_2)^2}{N_2}$											2,95		2,18		
M						5,23		8,33		7,76					
S						1,45		1,58		1,43					

Anlage 13

Nr.	Vorwissen			Punkte		LZW	Beh.	NT1		NT2			
	Vp	VT	X-M ₁	(X-M ₁) ²	NT1			NT2	(NT1-VT)	(NT2-VT)	X-M ₁	(X-M ₁) ²	X-M ₁
HS Peiting, Kl. 8 b													
36	8	3,92	15,36	10	11	2	3	- 3,83	14,66	- 2,15	4,62		
37	5	0,92	0,84	12	12	7	7	1,17	1,36	1,85	3,42		
38	2	- 2,08	4,32	5	8	3	6	- 2,83	8,00	0,85	0,72		
39	2	- 2,08	4,32	11	11	9	9	3,17	10,04	3,85	14,82		
40	3	- 1,08	1,16	12	9	9	6	3,17	10,04	0,85	0,72		
41	4	- 0,08	0,00	12	10	8	6	2,17	4,70	0,85	0,72		
42	8	3,92	15,36	13	14	5	6	- 0,83	0,68	0,85	0,72		
43	2	- 2,08	4,32	8	8	6	6	0,17	0,02	0,85	0,72		
44	7	2,92	8,52	14	11	7	4	1,17	1,36	- 1,15	1,32		
45	3	- 1,08	1,16	11	8	8	5	2,17	4,70	- 0,15	0,02		
46	4	- 0,08	0,00	11	6	7	2	1,17	1,36	- 3,15	9,92		
47	5	0,92	0,84	12	13	7	8	1,17	1,36	2,85	8,12		
48	8	3,92	15,36	12	12	4	4	- 1,83	3,34	- 1,15	1,32		
49	5	0,92	0,84	7	7	2	2	- 3,83	14,66	- 3,15	9,92		
50	4	- 0,08	0,00	9	10	5	6	- 0,83	0,68	0,85	0,72		
51	3	- 1,08	1,16	11	9	8	6	2,17	4,70	0,85	0,72		
52	4	- 0,08	0,00	9	12	5	8	- 0,83	0,68	2,85	8,12		
53	7	2,92	8,52	9	8	2	1	- 3,83	14,66	- 4,15	17,22		
54	4	- 0,08	0,00	11	9	7	5	1,17	1,36	- 0,15	0,02		
55	5	0,92	0,84	11	8	6	3	0,17	0,02	- 2,15	4,62		
56	2	- 2,08	4,32	8	7	6	5	0,17	0,02	- 0,15	0,02		
57	3	- 1,08	1,16	10	10	7	7	1,17	1,36	1,85	3,42		
58	4	- 0,08	0,00	11	9	7	5	1,17	1,36	- 0,15	0,02		
59	6	1,92	3,68	10	8	4	2	- 1,83	3,34	- 3,15	9,92		
60	5	0,92	0,84	7	9	2	4	- 3,83	14,66	- 1,15	1,32		
61	1	- 3,08	9,48	10	9	9	8	3,17	10,04	2,85	8,12		
62	2	- 2,08	4,32	9	9	7	7	1,17	1,36	1,85	3,42		
63	3	- 1,08	1,16	6	7	3	4	- 2,83	8,00	- 1,15	1,32		
64	3	- 1,08	1,16	10	5	7	2	1,17	1,36	- 3,15	9,92		
65	2	- 2,08	4,32	6	6	4	4	- 1,83	3,34	- 1,15	1,32		
66	3	- 1,08	1,16	7	7	4	4	- 1,83	3,34	- 1,15	1,32		
67	2	- 2,08	4,32	7	9	5	7	- 0,83	0,68	1,85	3,42		
68	2	- 2,08	4,32	7	8	5	6	- 0,83	0,68	0,85	0,72		
HS Shongau, Kl. 8 d													
101	2	- 2,08	4,32	12	11	10	9	4,17	17,38	3,85	14,82		
102	6	1,92	3,68	10	9	4	3	- 1,83	3,34	- 2,15	4,62		
103	6	1,92	3,68	10	10	4	4	- 1,83	3,34	- 1,15	1,32		
104	5	0,92	0,84	14	12	9	7	3,17	10,04	1,85	3,42		
105	4	- 0,08	0,00	10	9	6	5	0,17	0,02	- 0,15	0,02		
Se.	154		135,68	374	350	220	196		182,04		156,96		

Nr.	Vorwissen			Punkte		LZW	Beh.	NT1		NT2		
	Vp	VT	$x - M_1$	$(x - M_1)^2$	NT1			NT2	$x - M_1$	$(x - M_1)^2$	$x - M_1$	$(x - M_1)^2$
Nr.	154			135,68	374	350	220	196		182,04		156,96
106	3	-1,08	1,16	12	11	9	8	3,17	10,04	2,85	8,12	
107	4	-0,08	0,00	11	10	7	6	1,17	1,36	0,85	0,72	
108	8	3,92	15,36	8	11	0	3	-5,83	33,98	-2,15	4,62	
109	3	-1,08	1,16	9	8	6	5	0,17	0,02	-0,15	0,02	
110	5	0,92	0,84	12	11	7	6	1,17	1,36	0,85	0,72	
111	2	-2,08	4,32	6	8	4	6	-1,83	3,34	0,85	0,72	
112	2	-2,08	4,32	9	8	7	6	1,17	1,36	0,85	0,72	
113	2	-2,08	4,32	10	9	8	7	2,17	4,70	1,85	3,42	
114	4	-0,08	0,00	9	9	5	5	-0,83	0,68	-0,15	0,02	
115	7	2,92	8,52	8	8	1	1	-4,83	23,32	-4,15	17,22	
116	4	-0,08	0,00	14	12	10	8	4,17	17,38	2,85	8,12	
117	5	0,92	0,84	11	10	6	5	0,17	0,02	-0,15	0,02	
118	6	1,92	3,68	11	9	5	3	-0,83	0,68	-2,15	4,62	
119	4	-0,08	0,00	10	9	6	5	0,17	0,02	-0,15	0,02	
120	5	0,92	0,84	12	10	7	5	1,17	1,36	-0,15	0,02	
121	5	0,92	0,84	9	8	4	3	-1,83	3,34	-2,15	4,62	
122	1	-3,08	9,48	14	12	13	11	7,17	51,40	5,85	34,22	
123	4	-0,08	0,00	8	7	4	3	-1,83	3,34	-2,15	4,62	
124	3	-1,08	1,16	12	9	9	6	3,17	10,04	0,85	0,72	
125	6	1,92	3,68	6	6	0	0	-5,83	33,98	-5,15	26,52	
126	4	-0,08	0,00	10	10	6	6	0,17	0,02	0,85	0,72	

$$\sum x = 241$$

$$M_1 = \frac{\sum x}{N_1} = 4,08$$

$$\sum (x - M_1)^2 = 196,20$$

$$S_1^2 = \frac{\sum (x - M_1)^2}{N_1} = 3,32$$

$$N_1 = 59$$

$$s = 1,84$$

$$2,21 | 1,86$$

$$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 585 & 545 & 344 & 304 \\ \hline 9,91 & 9,23 & 5,83 & 5,15 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|c|} \hline 383,78 & 277,48 \\ \hline 6,50 & 4,70 \\ \hline \end{array}$$

Anlage 14

Nr.	Vorwissen			Punkte		LZW	Beh.	NT1		NT 2		
	Vp	VT	$x - M_2$	$(x - M_2)^2$	NT1			NT2	$(NT1 - VT)$	$(NT2 - VT)$	$x - M_2$	$(x - M_2)^2$
HS Peiting, Kl. 8a												
26	5	0,64	0,40	8	8	3	3	-0,31	0,09	0,56	0,31	
27	7	2,64	6,96	7	8	0	1	-3,31	10,95	-1,44	2,07	
28	3	-1,36	1,84	9	9	6	6	2,69	7,23	3,56	12,67	
29	6	1,64	2,68	10	8	4	2	0,69	0,47	-0,44	0,19	
30	2	-2,36	5,56	7	7	5	5	1,69	2,85	2,56	6,55	
31	7	2,64	6,96	11	10	4	3	0,69	0,47	0,56	0,31	
32	4	-0,36	0,12	9	6	5	2	1,69	2,85	-0,44	0,19	
33	6	1,64	2,68	8	6	2	0	-1,31	1,71	-2,44	5,95	
34	3	-1,36	1,84	7	6	4	3	0,69	0,47	0,56	0,31	
35	7	2,64	6,96	8	7	1	0	-2,31	5,33	-2,44	5,95	
36	6	1,64	2,68	10	9	4	3	0,69	0,47	0,56	0,31	
37	5	0,64	0,40	5	7	0	2	-3,31	10,95	-0,44	0,19	
38	2	-2,36	5,56	11	9	9	7	5,69	32,37	4,56	20,79	
39	6	1,64	2,68	7	7	1	1	-2,31	5,33	-1,44	2,07	
40	4	-0,36	0,12	10	8	6	4	2,69	7,23	1,56	2,43	
41	4	-0,36	0,12	8	5	4	1	0,69	0,47	-1,44	2,07	
42	4	-0,36	0,12	9	4	5	0	1,69	2,85	-2,44	5,95	
43	3	-1,36	1,84	6	6	3	3	-0,31	0,09	0,56	0,31	
44	5	0,64	0,40	6	5	1	0	-2,31	5,33	-2,44	5,95	
45	4	-0,36	0,12	4	5	0	1	-3,31	10,95	-1,44	2,07	
46	7	2,64	6,96	9	8	2	1	-1,31	1,71	-1,44	2,07	
47	3	-1,36	1,84	8	6	5	3	1,69	2,85	0,56	0,31	
48	6	1,64	2,68	7	11	1	5	-2,31	5,33	2,56	6,55	
49	4	-0,36	0,12	7	7	3	3	-0,31	0,09	0,56	0,31	
50	6	1,64	2,68	7	8	1	2	-2,31	5,33	-0,44	0,19	
51	4	-0,36	0,12	7	4	3	0	-0,31	0,09	-2,44	5,95	
52	3	-1,36	1,84	6	6	3	3	-0,31	0,09	0,56	0,31	
53	4	-0,36	0,12	6	6	2	2	-1,31	1,71	-0,44	0,19	
54	2	-2,36	5,56	5	6	3	4	-0,31	0,09	1,56	2,43	
55	3	-1,36	1,84	4	5	1	2	-2,31	5,33	-0,44	0,19	
56	3	-1,36	1,84	5	3	2	0	-1,31	1,71	-2,44	5,95	
57	1	-3,36	11,28	6	4	5	3	1,69	2,85	0,56	0,31	
HS Schongau, Kl. 8a												
58	3	-1,36	1,84	8	8	5	5	1,69	2,85	2,56	6,55	
59	6	1,64	2,68	9	8	3	2	-0,31	0,09	-0,44	0,19	
60	4	-0,36	0,12	9	5	5	1	1,69	2,85	-1,44	2,07	
61	6	1,64	2,68	10	9	4	3	0,69	0,47	0,56	0,31	
62	4	-0,36	0,12	8	7	4	3	0,69	0,47	0,56	0,31	
63	3	-1,36	1,84	10	9	7	6	3,69	13,61	3,56	12,67	
Se.	165		96,20	291	260	126	95		155,98		113,50	

Nr.	Vorwissen			Punkte		LZW	Beh.	NT1		NT2		
	Vp	VT	X-M ₂	(X-M ₂) ²	NT1			NT2	(NT1-VT)	(NT2-VT)	X-M ₂	(X-M ₂) ²
11.	165			96,20	291	260	126	95		155,98		123,50
64	5	0,64	0,40	8	7	3	2	-0,31	0,09	-0,44	0,19	
65	6	1,64	2,68	8	9	2	3	-1,31	1,71	0,56	0,31	
66	5	0,64	0,40	9	7	4	2	0,69	0,47	-0,44	0,19	
67	3	-1,36	1,84	9	7	6	4	2,69	7,23	1,56	2,43	
68	4	-0,36	0,12	10	9	6	5	2,69	7,23	2,56	6,55	
69	6	1,64	2,68	8	8	2	2	-1,31	1,71	-0,44	0,19	
70	5	0,64	0,40	7	6	2	1	-1,31	1,71	-1,44	2,07	
71	2	-2,36	5,56	7	8	5	6	1,69	2,85	3,56	12,67	
72	5	0,64	0,40	6	8	1	3	-2,31	5,33	0,56	0,31	
73	3	-1,36	1,84	5	6	2	3	-1,31	1,71	0,56	0,31	
74	5	0,64	0,40	9	5	4	0	0,69	0,47	-2,44	5,95	
75	5	0,64	0,40	7	6	2	1	-1,31	1,71	-1,44	2,07	
76	3	-1,36	1,84	9	4	6	1	2,69	7,23	-1,44	2,07	
77	3	-1,36	1,84	9	7	6	4	2,69	7,23	1,56	2,43	
78	4	-0,36	0,12	8	7	4	3	0,69	0,47	0,56	0,31	
79	5	0,64	0,40	6	6	1	1	-2,31	5,33	-1,44	2,07	
80	5	0,64	0,40	8	6	3	1	-0,31	0,09	-1,44	2,07	
81	5	0,64	0,40	7	6	2	1	-1,31	1,71	-1,44	2,07	
82	6	1,64	2,68	6	6	0	0	-3,31	10,95	-2,44	5,95	
83	3	-1,36	1,84	8	7	5	4	1,69	2,85	1,56	2,43	

$$\sum X = 253$$

$$M_2 = \frac{\sum X}{N_2} = 4,36$$

$$\sum (X - M_2)^2 = 122,84$$

$$S_2^2 = \frac{\sum (X - M_2)^2}{N_2} = 2,11$$

$$N_2 = 58$$

$$S = 1,47$$

$$1,66 | 1,63$$

$$445 | 395$$

$$7,67 | 6,81$$

$$192$$

$$3,31$$

$$142$$

$$2,44$$

$$224,06$$

$$3,86$$

$$176,14$$

$$3,03$$

Anlage 15 (Voruntersuchung)

χ^2 -Test für die Güte der Anpassung (Prüfung auf Normalverteilung) ¹⁾

H_0 : Die empirisch ermittelten Punktwerte der Schüler sind normal verteilt (5%-Signifikanzniveau)

Klassen	Exakte Klassen- grenzen	$Z = \frac{X-M}{s}$	$f(z)$	Differ.	f_E	f_0	$(f_0 - f_E)^2$	$\frac{(f_0 - f_E)^2}{f_E}$
Vortest $df=2; N=80; M=2,65; s=1,53$								
<-1								
-1-0	-1,5	-2,71	.0034	.0774	6,1	5	1,21	.19
0-1	0,5	-1,40	.0808	.3833	30,6	35	19,36	.63
1-2	2,5	-0,09	.4641	.4208	33,6	31	6,76	.20
2-3	4,5	+1,20	.8849	.1091	8,7	8	0,49	.05
3-4	6,5	+2,51	.9940	.0047	0,3	1	0,49	1.63
4-5	8,5	+3,82	.9987					
>5								
Σ					79,3	80		$\chi^2=2.70$
Nachtest 1 $df=2; N=80; M=5,77; s=1,74$								
<0								
0-1	-0,5	-3,60	.0013	.0058	0,4	0	0,16	.40
1-2	1,5	-2,45	.0071	.0897	7,2	11	14,44	2.00
2-3	3,5	-1,30	.0968	.3436	27,4	22	29,16	1.06
3-4	5,5	-0,15	.4404	.3985	31,9	32	0,01	.00
4-5	7,5	+0,99	.8389	.1449	11,6	15	11,56	.99
5-6	9,5	+2,14	.9838					
>6								
Σ					78,5	80		$\chi^2=4.45$
Nachtest 2 $df=3; N=80; M=5,88; s=1,74$								
<0								
0-1	-0,5	-3,66	.0013	.0047	0,4	1	0,36	.90
1-2	1,5	-2,51	.0060	.0809	6,5	7	0,25	.03
2-3	3,5	-1,36	.0869	.3299	26,3	23	10,89	.41
3-4	5,5	-0,21	.4168	.4070	32,6	33	0,16	.00
4-5	7,5	+0,93	.8238	.1574	12,6	15	5,76	.45
5-6	9,5	+2,08	.9812	.0175	1,4	1	0,16	.11
6-7	11,5	+3,22	.9987					
>7								
Σ					79,8	80		$\chi^2=1.90$

Normalverteilung gegeben ab $p \geq 0,05$; VT: .30 > p > .20, NT1: .20 > p > .10, NT2: .70 > p > .50

1) vgl. Keller, K. / Rosemann, B.: Planung und Auswertung empirischer Untersuchungen. Stuttgart: Klett 1974, S. 220 ff.

Anlage 16 (Hauptuntersuchung)

Chi²-Test für die Güte der Anpassung (Prüfung auf Normalverteilung) ¹⁾

H₀: Die empirisch ermittelten Punktwerte der Schüler sind normal verteilt (5%-Signifikanzniveau)

Klassen	Exakte Klassen- grenzen	$z = \frac{x-M}{s}$	f(z)	Differ.	f _E	f ₀	$(f_0 - f_E)^2$	$\frac{(f_0 - f_E)^2}{f_E}$
Vortest $df=2$; N=286; M=4,12; s=1,69								
< 0	-0,5	-2,73	.0032	.0574	16,4	15	1,96	0,11
0-1	1,5	-1,55	.0606	.2988	85,4	95	92,16	1,07
1-3	3,5	-0,36	.3594	.4316	123,4	114	88,36	0,71
4-5	5,5	+0,81	.7910	.1862	53,2	53	0,04	0,00
6-7	7,5	+2,0	.9772	.0215	6,1	9	8,41	1,37
8-9	9,5	+3,18	.9987					
> 9								
Σ					284,5	286		Chi ² =3,26
Nachtest 1 $df=1$; N=286; M=8,6; s=2,13								
< 2	2,5	-2,86	.0021	.0714	20,4	19	1,96	.09
3-5	5,5	-1,45	.0735	.4105	117,4	120	6,76	.05
6-8	8,5	-0,04	.4840	.4291	122,7	119	13,69	.11
9-11	11,5	+1,36	.9131	.0840	24,0	28	16,0	.66
12-14	14,5	+2,76	.9971					
> 14								
Σ					284,5	286		Chi ² =.91
Nachtest 2 $df=1$; N=286; M=8,0; s=2,06								
< 2	2,5	-2,66	.0039	.1092	31,2	31	0,04	.001
3-5	5,5	-1,21	.1131	.4817	137,7	142	18,49	.13
6-8	8,5	+0,24	.5948	.3597	102,8	97	33,64	.32
9-11	11,5	+1,69	.9545	.0442	12,6	16	11,56	.91
12-14	14,5	+3,15	.9987					
> 14								
Σ					284,3	286		Chi ² =1,36

Normalverteilung gegeben ab $p \geq 0.05$; VT: .20 > p > .10; NT1: .50 > p > .30; NT2: .30 > p > .20

1) vgl. Keller, K./Rosemann, B.: Planung und Auswertung empirischer Untersuchungen. Stuttgart: Klett 1974, S. 220 ff.

A n h a n g 1

Krötenhaltung und Umgang mit lebenden Kröten im Unterricht

a) Krötenhaltung

Erdkröten stehen in Deutschland unter Naturschutz. Kröten aus Jugoslawien können z.B. durch die Zoohandlung Reiss in Fürth (Bayern) geliefert werden. Zur Haltung geeignet sind Practica-Heimtierkäfige. Die Käfigböden werden mit 2 cm dicken Schaumstoffmatten ausgelegt. Die porösen Matten können ausreichend Wasser aufnehmen und bieten den Kröten eine weiche Unterlage. Auf durchsichtige Seitenwände, wie sie Hemmer (1978, S. 17) zur Förderung der Zahmheit der Kröten vorschlägt, sollte verzichtet werden. Hinter grünen Wänden finden die Kröten noch einen Rest von Geborgenheit. In einer mit weißem Gummi ausgelegten Versuchsarena aus Plexiglas werden die Kröten durch Einzelfütterung auf die Versuchssituation in Schulklassen vorbereitet. Jede Woche müssen sämtliche Käfige einmal vollständig gereinigt, die Schaumstoffmatten ausgewaschen und die Erdkröten in lauwarmem Wasser abgewaschen werden. Bei Schau-Aquarierien mit Pflanzenbewuchs, Sandaufschüttung und Schlupfwinkeln ist eine so andauernde gründliche Reinigung nicht möglich. Hauptnahrung sind die in Zoogeschäften erhältlichen Mehlkäfer (*Tenebrio molitor* L.) und ihre Larven. Auf diese wird vor jeder Fütterung Reptovit gestreut. Die Erdkröten können das ganze Jahr bei Zimmertemperatur gehalten werden. Bei Haltung in unbeheizten Kellerräumen darf die Temperatur nicht unter + 5° C sinken. Erdkröten können in Gefangenschaft im Keller einige Jahrzehnte überleben (Auskunft Ewert, Kassel). Für den Schulunterricht sollten ausländische Kröten nur dann besorgt werden, wenn diese durchgehend gepflegt werden können. Sonst ist es besser, Anfang April zwei oder drei einheimische Erdkröten einzufangen. Diese sind nur kurzfristig in Gefangenschaft zu halten und nach ihrem Einsatz im Unterricht wieder an der Stelle freizulassen, wo sie gefangen wurden.

b) Umgang mit lebenden Kröten im Unterricht

Im Vorfeld der empirischen Untersuchungen wurden Schülerversuche mit lebenden Erdkröten durchgeführt. Dabei konnten folgende Beobachtungen gemacht werden:

- Mädchen fühlen sich von Erdkröten meist angeekelt, wenn sie diese selbst anfassen müssen.
- Knaben zeigen eine gewisse Neigung, die Tiere zu quälen.
- Die Schüler sind den Umgang mit lebenden Tieren im Unterricht nicht gewöhnt.
- Als Abwehrreaktion spritzen Kröten Urin. Die Schüler sind darauf aufmerksam zu machen, wie sie die Kröten halten müssen, um nicht angespritzt zu werden.
- Geängstigte Tiere sondern aus Hautdrüsen Sekrete ab. Nach dem Anfassen von Kröten sind die Schüler aufzufordern, ihre Hände zu waschen. Bei Berührung können sonst Augenbindehaut und Schleimhäute durch das Sekret schmerzhaft gereizt werden.

Schanz (1972, S. 43) ermittelte bei Stadtkindern eine wesentlich größere Abneigung gegenüber Tieren als bei Landkindern. Er führt dies auf die zunehmende Naturentfremdung der Stadtkinder zurück. Nach seinen Erhebungen haben ungefähr 25 % der Schüler eine Abneigung gegen Kröten. Gegenüber Schlangen, Spinnen, Ratten, Hausmäusen, Bienen, Igeln und Regenwürmern besteht jedoch im Durchschnitt noch eine größere Abneigung. Wie durch Schanz wurde beobachtet, daß hauptsächlich das Anfassen-Müssen der Tiere Abneigung hervorruft. Aus Zeitmangel konnte bei den empirischen Schulversuchen der Umgang mit Kröten mit den Schülern nicht eingeübt werden. Dem Versuchsleiter gegenüber zeigten die Kröten kaum Schreckreaktionen. Da er sie ständig fütterte und pflegte, waren sie an ihn gewöhnt. Die genannten Beobachtungen waren Anlaß, bei den empirischen Untersuchungen zur Modellmethode nur Demonstrationsversuche durchzuführen.

Anhang 2

Kurze Studie zum Beutefangverhalten der Erdkröte

Erst nach einer Auseinandersetzung mit den Arbeitsmethoden und Ergebnissen der biologischen Forschung können Überlegungen für den Biologieunterricht angestellt werden. Dies wird immer dann notwendig, wenn ein neuer Gegenstand *e r s t - m a l s* für den Unterricht in Schulen aufbereitet werden soll.

Die bei der Arbeit an folgender Studie gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse wurden bei den Stundenbildern der empirischen Untersuchung berücksichtigt.

Fragestellung

Die "Modellvorstellung für das Beute-Erkennen auf der Basis von inhibitorischen Interaktionen zwischen neuronalen 'Gestaltfiltern' " (Ewert 1975/2, S. 94) erklärt folgende Sachverhalte:

- a) Erdkröten können zwischen "Wurm" und "Antiwurm" unterscheiden.
- b) "Bei quadratischen Objekten kommt es zu einer Art Addition der von der Horizontalkante ausgehenden Beutesignal steigenden und von der Vertikalkante ausgehenden senkenden Effekte .. ." (Ewert 1976, S. 72)

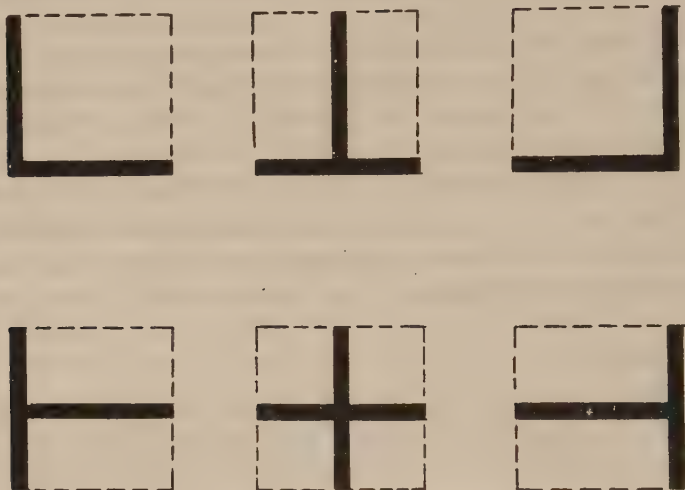
Aufgrund dieser Modellvorstellung wird vermutet, daß ein gleichzeitiges Darbieten der beiden Attrappen "Wurm" und "Antiwurm" als Gerüst eines Quadrats jeweils eine annähernd gleiche Hemmung des Beutefangverhaltens hervorruft; auch wenn die beiden Attrappen ihre Position innerhalb des Quadrats verändern.

Die Kombinationsmöglichkeiten zeigt das Flächenmuster eines Quadrats:



I 2,5 mm
30 mm

Aus der Vielzahl möglicher Kombinationen wurden folgende herausgegriffen:



Material und Methode

Durch den Leiter der Arbeitsgruppe Neuro-Ethologie und Bio-kybernetik an der Gesamthochschule Kassel, Herrn Prof. Dr. Ewert, wurden mir Anfang August 1978 für Verhaltensexperimente Kröten und Arbeitsplatz zur Verfügung gestellt.

Versuchstiere und Tierhaltung

Als Versuchstiere dienten jugoslawische Erdkröten (*Bufo b. bufo* L.). Jeweils 15 Kröten sind in einem Aqua-Terrarium untergebracht. Der Raum, in dem die Aquaterrarien stehen, hat eine konstante Temperatur von 20° C. Die Tiere werden mit Mehlwürmern gefüttert.

Auswahl der Versuchstiere

Durch Handbewegung über die Kröten hinweg wurde ein "Flug-feind" nachgeahmt und dadurch reaktionsfähige Tiere festgestellt. Je Versuchsreihe wurden 20 Tiere verwendet - 10 ♂♂ und 10 ♀♀ -, die zwei Tage kein Futter erhalten hatten. Die

Männchen konnten am Befreiungsschrei erkannt werden. Das Protokoll erfaßt nur Erdkröten, die beim Vortest mit optimaler Wurmattrappe pro Minute mindestens 25 Beutezuwendungen zeigten.

Versuchsanordnung

Die Versuche fanden in einer Dunkelkammer statt. Die Kröte saß während des Versuchs im Arenakasten in einem durchsichtigen 18 cm hohen Glaszylinder, dessen innerer Durchmesser 12 cm betrug.

Beutefangaktivität

Die Beutefangaktivität wird definiert als die Anzahl von Wendereaktionen, die durch die bewegte Attrappe während einer Minute ausgelöst werden. Als eine Reaktion wurden jeweils gezählt: Jede ruckartige Wendebewegung in Richtung der sich nähernden oder entfernenden Attrappe; jeder Zungenschlag; jedes Stoßen des Kopfes in Richtung Attrappe. Gleichzeitig vollzogenes Zuwenden mit Kopfstoßen und Zungenschlag zählte nur als eine Reaktion. Schreckreaktionen blieben unberücksichtigt.

Beuteattrappen

Die Attrappen wurden aus dünnem, schwarzem Karton ausgeschnitten. Gestalt und Größe im Abbildungsmaßstab 1 : 1 siehe Skizzen unter den Diagrammen auf Millimeterpapier. Die Entfernung der Beuteattrappen von den Augen der Versuchstiere betrug etwa 7 cm.

Kontrast

Als Reizmuster dienten schwarze Attrappen in weißer Umgebung. Eine 25-Watt-Lampe leuchtete mit diffusem Licht die Arena von oben durch eine Milchglasscheibe aus. Der so erzeugte Reiz-Hintergrund-Kontrast blieb bei allen Versuchen konstant.

Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit

Die Attrappen bewegten sich im Kreis horizontal um die Kröten herum, und zwar auf der X-Achse nach rechts von der Kröte aus gesehen. Für alle Versuche wurde die für das Beutefangverhalten optimale konstante Geschwindigkeit von $20^{\circ}/\text{sec}$ gewählt. Die Sehwinkelgeschwindigkeit beträgt $20^{\circ}/\text{sec}$ bei einer Kreisumdrehung

durch die Attrappe in 18 Sekunden.

Black-box

Retina, ZNS und übriger Organismus der Kröten sind als "black-box" aufzufassen. Für das visuelle Beutefangverhalten werden die Reizmuster-Verhaltens-Beziehungen untersucht. Variiert wurde Gestalt und Größe der Attrappen. Alle übrigen Parameter mußten konstant gehalten werden.

Statistische Auswertung

Für jedes Reizmuster wurde die Beutefangaktivität von 20 Kröten gemessen. Aus den Ergebnissen wurden Mittelwert und Standardabweichung berechnet und graphisch dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

a) Einfach-Attrappen

Wie die Graphik (Abb. 36) zeigt, unterscheiden die Erdkröten deutlich zwischen "Wurm" und "Antiwurm". Die Modellvorstellung für das Beute-Erkennen erklärt diesen Sachverhalt. Sie erklärt auch die vereinzelt Beutefangreaktionen weniger Kröten gegenüber der "Antiwurm"-Attrappe, da angenommen wird, daß im neuronalen "Gestaltfilter" der Tectum-1-Neurone ein Teilabschnitt dieser Attrappe durch die Kröte als "Beute" erkannt werden kann.

b) Zusammengesetzte Attrappen (Abb. 37 u. 38)

Eine annähernd gleiche Hemmung des Beutefangverhaltens liegt nicht vor. Die Wurmattrappe fördert das Beutefangverhalten, die Antiwurmattrappe hemmt es. Tritt zuerst der fördernde Einfluß der Wurmattrappe im Rahmen der zusammengesetzten Attrappe auf ($\mathcal{L}$ und $\mathcal{L}_1$), dann unterdrückt er - bis zu einem gewissen Ausmaß - vorlaufend den nachfolgenden hemmenden Einfluß des zusätzlichen Attrappenelements Antiwurm. Tritt zuerst der hemmende Einfluß der Antiwurmattrappe auf ($\mathcal{W}$ und $\mathcal{W}_1$), dann wirkt dieser nach. Die unmittelbar darauf erscheinende Wurmattrappe kann nur ein sehr geringes Beutefangverhalten anregen.

Dasjenige Attrappen-Element der zusammengesetzten Attrappe, das zuerst im Gesichtsfeld der Erdkröte erscheint, beeinflusst auch zuerst ihr Verhalten - gibt einen entscheidenden vorlaufenden Verhaltensimpuls. Die Verhaltensaktivität verschiebt sich zugunsten des Attrappenelements, das zuerst ins Blickfeld der Erdkröte gelangt.

Eine intermediäre Situation ist bei β und β_1 zu erkennen.

Es ist ein Phänomen aufgetaucht, das bereits in einem anderen Zusammenhang durch Ewert und Kehl (1976, S. 78) entdeckt wurde: "Durch paarweises Testen von Attrappen läßt sich eine Art Hierarchie von Beutefang auslösenden und hemmenden Merkmalen aufstellen: Spitzen, die in die Bewegungsrichtung weisen, sind wirksamer als Kanten .. ." Bei dieser Untersuchung wurde als Methode die Reizgewöhnung eingesetzt, um das Formenunterscheidungsvermögen der Kröte kennenzulernen. Als Teilergebnis nannte Ewert die Spitzenbevorzugung in Bewegungsrichtung. Diese ist bei meinen einfachen Versuchen erneut aufgetreten. Sie kann durch die Modellvorstellung für das Beute-Erkennen nicht erklärt werden.

c) Abgeänderte zusammengesetzte Attrappen (Abb. 39)

Untersucht wurde die Änderung der Reizwirksamkeit einer zusammengesetzten Beuteattrappe in Abhängigkeit von der Größe der Hochkante. Verglichen wurde die in Bewegungsrichtung vorangehende Hochkante mit der in Bewegungsrichtung nachgezogenen Hochkante. Beide Hochkanten wurden gleichmäßig verkleinert. (Gemeinsamer Mittelwert und Standardabweichung für die Attrappe mit 2,5 mm Hochkante errechnen sich aus allen Kontrollversuchen.) Die Hochkanten am Attrappenanfang hemmen die Beutefangaktivität stärker als die Hochkanten am Attrappenende. Eine gleichmäßige Verrechnung unterschiedlicher Kantenhöhen ist nur erkennbar bei Hochkanten am Attrappenanfang in Bewegungsrichtung. Die Attrappen mit Hochkanten am Attrappenende bewirken keine gleichmäßig abgestufte Verrechnung unterschiedlicher Kantenhöhen. Offensichtlich beurteilen Erdkröten Attrappen überwiegend aufgrund der Konfiguration des Attrappen-Vorderendes. Dieses Verhalten

der Erdkröten ist biologisch sinnvoll. Bei Beutetieren der Kröte befinden sich Aufbauten hauptsächlich am vorangeschobenen Teil des Körpers, z.B. Tentakeln bei Nacktschnecken oder Antennen bei Insekten. Die Vorderenden-Beurteilung kann durch die Modellvorstellung für das Beute-Erkennen nicht erklärt werden.

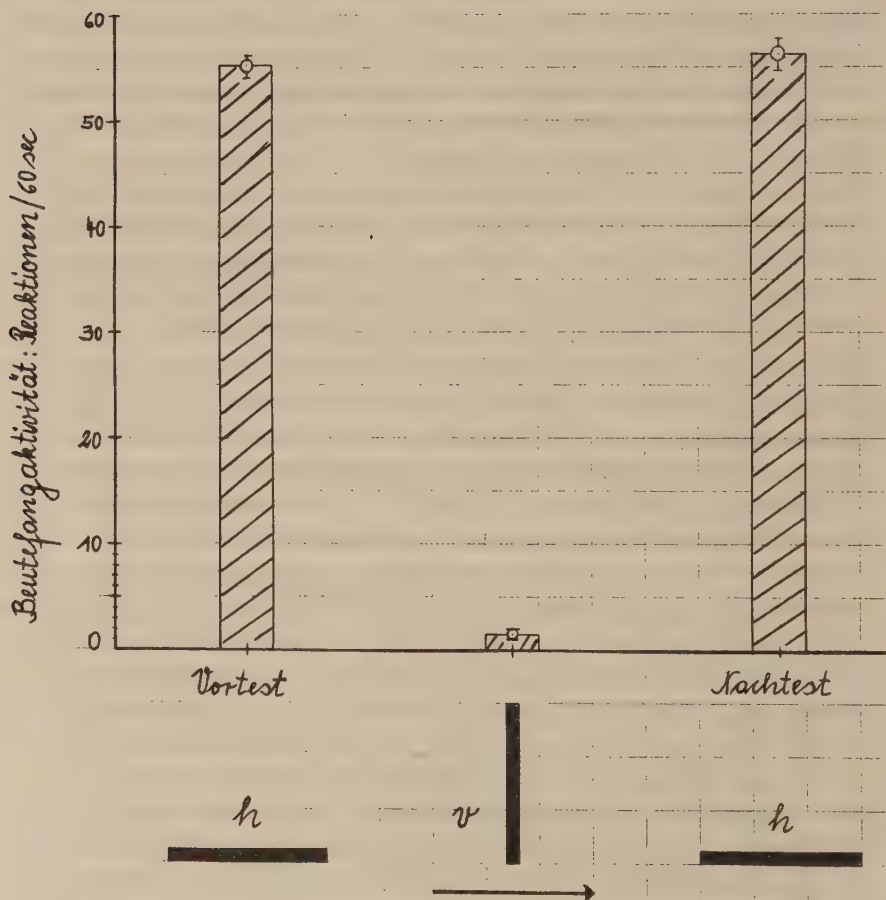


Abb. 36 Einfach-Attrappen "Wurm" und "Antiwurm". Abhängigkeit der Beutefangaktivität bei gleicher optimaler Beuteattrappe von der Lage der Attrappe zur Bewegungsrichtung. h = horizontale, v = vertikale Lage. Mittelwerte (mit Standardabweichungen) aus je 20 Versuchen mit verschiedenen Tieren. (nach Ewert)

Beutefangaktivität: Reaktionen/60 sec

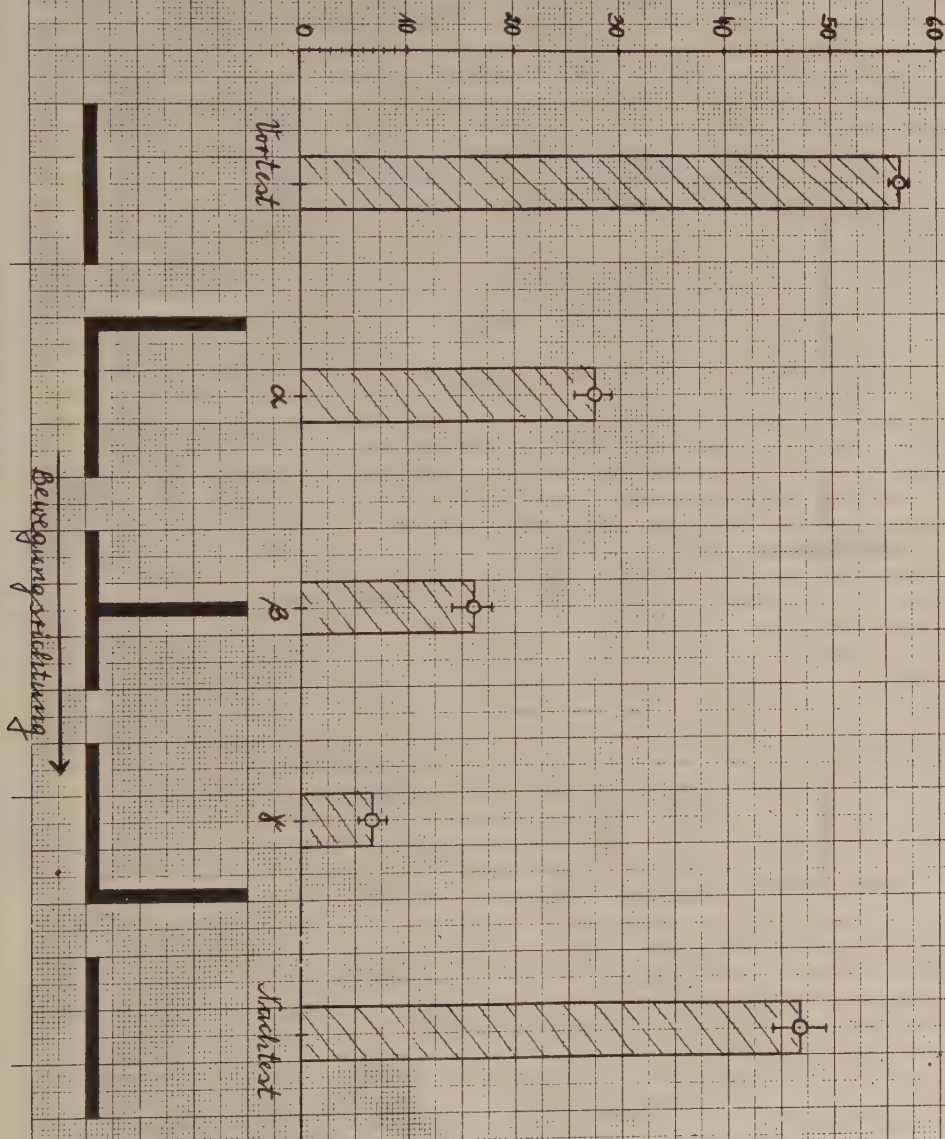


Abb. 37 Vergleich der Beutefangaktivität gegenüber zusammengesetzten Attrappen. Gleichzeitiges Darbieten der Attrappen "Wurm" und "Antiwurm" in unterschiedlicher Anordnung innerhalb des Flächenmusters eines Quadrats als zusammengesetzte Attrappe. VT und NT wurden als Kontrollversuch durchgeführt. Mittelwerte (mit Standardabweichungen) von jeweils 20 Versuchen mit verschiedenen Erdkröten.

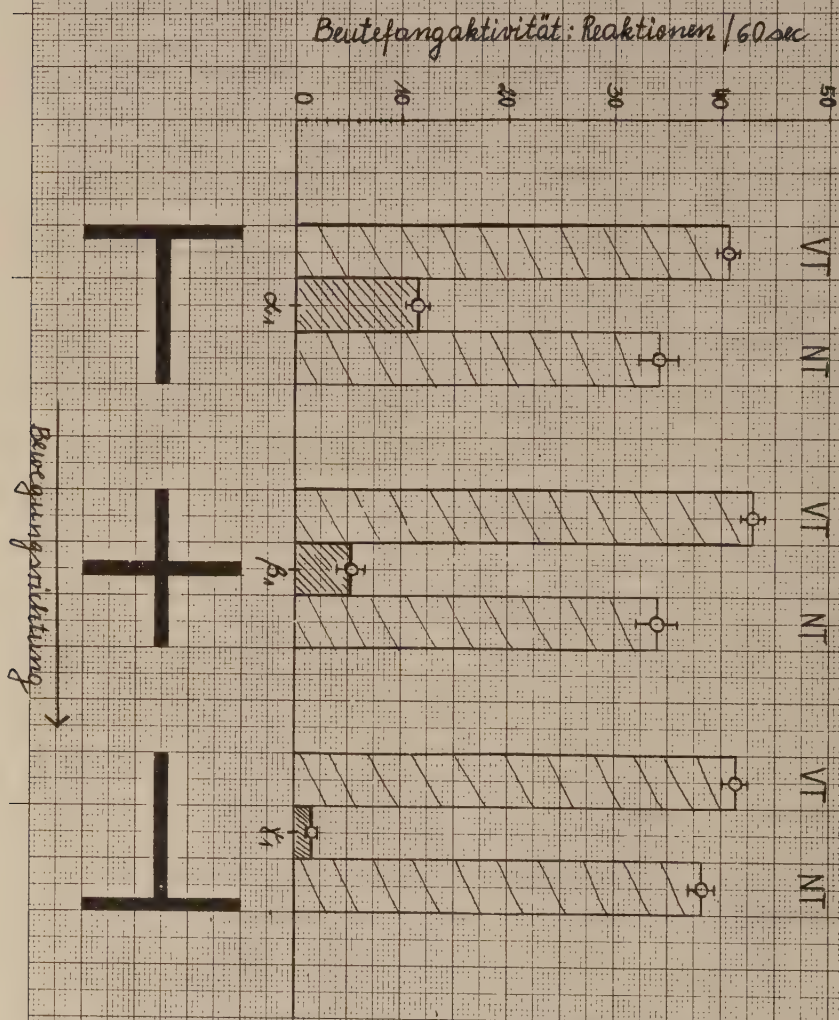


Abb. 38 Vergleich der Beutefangaktivität gegenüber zusammengesetzten Attrappen. Gleichzeitiges Darbieten der Attrappen "Wurm" und "Antiwurm" in unterschiedlicher Anordnung innerhalb des Flächenmusters eines Quadrats als zusammengesetzte Attrappe. VT und NT wurden als Kontrollversuch durchgeführt. Mittelwerte (mit Standardabweichungen) von jeweils 20 Versuchen mit verschiedenen Erdkröten.

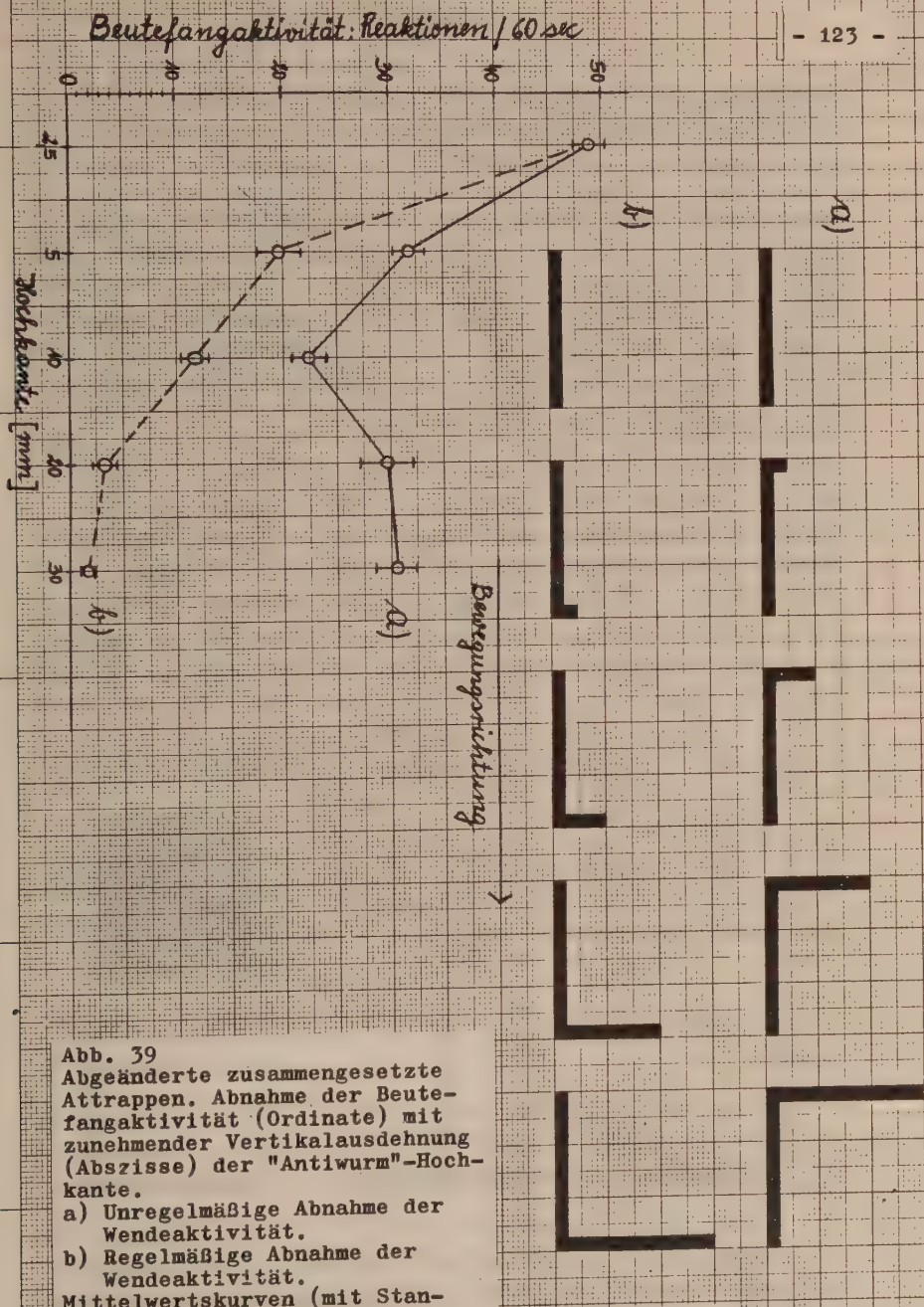


Abb. 39
Abgeänderte zusammengesetzte Attrappen. Abnahme der Beutefangaktivität (Ordinate) mit zunehmender Vertikalausdehnung (Abszisse) der "Antiwurm"-Hochkante.

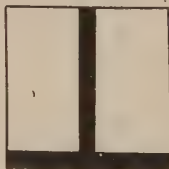
- a) Unregelmäßige Abnahme der Wendekurve.
- b) Regelmäßige Abnahme der Wendekurve.

Mittelwertskurven (mit Standardabweichungen) von jeweils 20 Versuchen mit verschiedenen Erdkröten. Alle Kontrollversuche von a) und b) ergaben Mittelwert und Standardabweichung für die Attrappe mit 2,5 mm Hochkante.

Interpretation des Verhaltens einzelner Erdkröten
(siehe Erhebungsunterlagen zu den Attrappenversuchen)

Eine Erdkröte mit extrem hoher Beutefangaktivität zeigte die auffallend hohe Zahl von 14 Zuwendungen pro Minute gegenüber der "Antiwurm"-Attrappe. Von den 20 getesteten Erdkröten beachteten jedoch 13 diese Attrappe überhaupt nicht und 3 taten dies nur einmal in der Minute. Dies zeigt, daß aus dem Verhalten eines einzigen Exemplars keine allgemeinen Rückschlüsse gezogen werden können.

Abweichend von der allgemein zu beobachtenden Spitzenbevorzugung in Bewegungsrichtung gab es eine Erdkröte, welche genau im Gegensatz dazu die mit der Hochkante nach vorne bewegte Attrappe bevorzugte. Diese aus der Reihe tanzende Kröte könnte sich möglicherweise an der Beschaffenheit des Attrappenendes orientieren, d.h. Spitzenbevorzugung entgegen der Bewegungsrichtung zeigen. Das eigenartige Beutefangverhalten kann jedoch auch so erklärt werden, daß bei dieser Erdkröte bewegte Quadrate - angedeutet und für die Kröte erkennbar durch den Umriß der Attrappe - den Beutefang besonders heftig auslösen. Dies wird durch das Verhalten einer weiteren Kröte unterstrichen, die bei allen drei zu testenden Reizmustern eine nahezu gleich große Beutefangaktivität zeigte.



Im Gegensatz dazu reagierte eine Erdkröte auf die gleichen drei Reizmuster überhaupt nicht, zeigte jedoch bei den Kon-

trollversuchen gegenüber der optimalen Wurmattrappe heftiges Beutefangverhalten. Diese Kröte reagiert wahrscheinlich nicht auf Quadrate. "Es gibt auch Tiere, bei denen schwarze, vor weißem Hintergrund bewegte Quadrate ... überhaupt keine Beutefangreaktion auslösen .. ." (Ewert 1976, S. 72)

Bei einer anderen Erdkröte innerhalb derselben Versuchsreihe konnte ein ähnliches Vermeiden der Quadrat-Attrappe angenommen werden, mit dem Unterschied, daß ein Reihenfolgeeffekt mit Ermüdungsfehler auftrat. Beim Eingangskontrollversuch zeigte diese Kröte hohe Beutefangaktivität. Als Nachklapp darauf vollführte sie noch drei Wendereaktionen bei der ersten Testattrappe. Bei der zweiten Testattrappe mit quadratischem Umriß war noch eine und bei der dritten Testattrappe war schließlich keine Reaktion mehr erkennbar. Die quadratähnlichen Muster hemmten diese Erdkröte offenbar so sehr, daß sie beim abschließenden Ausgangskontrollversuch mit optimaler Wurmattrappe keine einzige Zuwendung vollführte. Bei anderen Erdkröten konnten ähnliche Erscheinungen entdeckt werden.

Festgestellt werden kann, daß die Erdkröten in ihrem Verhalten individuelle Unterschiede zeigen. Worauf die besondere Eigenart einzelner Erdkröten zurückzuführen ist, kann nicht ausgesagt werden. Ob sie angeboren ist oder innerhalb des Biotops erworben wurde, in welchem die Kröte vor ihrer Gefangenschaft lebte, bleibt ungewiß.

Zusammenfassung

- Erdkröten können zwischen "Wurm" und "Antiwurm" unterscheiden. Dieser Sachverhalt stimmt mit der Modellvorstellung für das Beute-Erkennen überein.
- Ein gleichzeitiges Darbieten der Attrappen "Wurm" und "Antiwurm" als Gerüst eines Quadrats mit anschließender Positionsänderung der beiden Attrappen innerhalb dieses

Quadrats führt zu keiner annähernd gleichen Hemmung des Beutefangverhaltens. Vielmehr zeigen die Erdkröten Spitzenbevorzugung in Bewegungsrichtung.

- Erdkröten beurteilen Attrappen aufgrund der Konfiguration des Attrappenvorderendes. Hochkanten am Attrappenanfang bewirken eine gleichmäßig abgestufte Verrechnung unterschiedlicher Kantenhöhen. Dies ist bei Hochkanten am Attrappenende nicht der Fall.
- Die Modellvorstellung für das Beute-Erkennen kann den Erkennungsvorgang nur in groben Zügen erklären. Sie gibt nur Auskunft über begrenzte Teilvorgänge im Krötengehirn. Nicht erklärt werden dadurch Spitzenbevorzugung in Bewegungsrichtung und Vorderenden-Beurteilung.
- Erdkröten zeigen in ihrem Verhalten deutliche individuelle Unterschiede.

Species: Bufo b. bufo		Datum: 2.8.78		D. Stülp																			
♀ ♂		Uhrzeit: 11 ⁰⁰ -13 ⁰⁰ und 16 ⁴⁰ -18 ¹⁰ h																					
				Anlage 1																			
Reihennummer		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	$\bar{x}$	SR
2,5x30 [mm]		62	54	54	62	61	59	60	56	63	59	53	44	53	35	61	43	60	70	46	51	55,30	1,86
30mm		3	1	—	1	—	—	—	—	6	4	—	—	—	—	1	—	—	14	—	—	1,50	0,75
		67	58	56	59	64	60	65	55	62	61	48	53	54	47	57	46	61	81	52	54	56,30	2,40
2,5x30 [mm]		50	61	53	57	63	74	45	48	68	54	57	54	52	62	57	49	61	53	67	46	56,55	1,73
30mm		33	39	43	13	54	52	5	3	37	25	41	16	13	44	34	27	18	26	28	—	27,55	3,56
		—	21	5	5	39	53	—	1	38	—	37	16	2	39	34	9	12	15	—	—	16,30	3,88
		—	3	—	—	40	—	4	—	—	—	1	—	13	23	40	—	—	8	—	—	6,60	2,86
		39	42	29	24	69	68	4	—	68	54	51	56	42	61	59	55	65	58	63	29	46,30	4,58

Species: Bufo v. bufo
♀♂

Datum: 8.8.78

D: Stöhr

Uhrzeit: 7:50-20:30 h

											Anlage 2												
Reihenmeter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	$\bar{x}$	SR	
2,5x30 [mm]	—	51	31	54	40	50	38	46	51	49	28	25	29	42	37	38	31	48	32	45	49	40,70	2,02
30mm	T	39	4	20	1	—	5	27	21	18	4	2	9	8	6	—	5	17	19	12	15	11,00	2,30
—	53	12	31	29	48	—	51	52	40	20	33	16	32	44	12	37	41	38	48	48	34	25,34	
—	61	43	35	60	26	49	48	47	42	53	37	40	45	33	53	26	49	25	37	51	43,00	2,37	
+	52	—	9	—	—	—	—	6	—	19	—	—	—	1	14	—	—	3	—	5	54,5	2,72	
—	58	19	34	61	13	48	33	—	32	46	38	23	50	17	51	—	50	29	38	42	34,10	3,16	
—	29	55	26	47	49	46	25	37	43	36	38	46	39	42	61	29	54	55	32	40	44,45	2,30	
T	—	—	—	—	—	—	—	—	12	—	2	—	3	—	10	—	—	7	1	2	1,85	0,80	
—	31	34	23	50	49	41	14	43	41	34	21	57	26	38	60	42	33	58	29	43	38,35	2,22	

Species: Bufo t. taja Datum: 3.8.11.4.8.78 D: Stöckl
Uhrzeit: 840-1940h, u. 740-920h

		Anlage 3																					
Reignometer		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	$\bar{x}$	St
45x30 [mm]	—	54	46	63	62	56	61	60	54	27	49	60	64	61	69	55	59	64	49	52	62	56,05	2,06
30mm	L	18	—	24	24	5	47	48	30	7	33	29	28	34	53	14	47	61	24	29	59	39,70	3,91
	—	55	51	66	62	67	63	57	60	22	57	53	61	68	64	54	63	71	48	56	63	57,75	2,36
	—	58	65	47	66	58	51	50	62	48	54	74	56	67	56	65	69	65	48	38	60	57,85	2,02
20mm	L	50	34	18	52	42	51	38	3	5	—	49	24	13	21	37	66	14	19	3	57	29,80	4,56
	—	64	68	35	67	56	68	63	25	43	—	73	49	58	27	66	72	57	34	18	65	50,40	4,63
	—	39	68	64	62	54	53	66	40	51	59	43	60	58	38	30	54	49	72	53	50	53,45	2,17
40mm	L	5	22	49	43	28	17	62	—	18	23	19	47	26	14	23	8	18	25	12	11	22,50	3,38
	—	7	37	68	68	58	54	72	49	64	65	28	66	57	29	39	39	55	73	51	19	49,90	4,17
	—	51	54	48	59	55	32	56	68	55	53	46	61	59	50	53	51	61	58	30	59	52,75	2,03
5mm	I	18	47	28	33	20	7	8	32	24	45	31	28	39	36	52	48	36	32	16	58	31,90	3,12
	—	32	51	48	52	43	24	47	59	63	48	45	61	65	43	57	55	56	62	21	55	49,35	2,75

Species: Bufo t. tupa		Datum: 4.2.78										D: Stöhr											
♂		Uhrzeit: 10 ⁰⁰ - 18 ⁴⁰ h																					
Reizmuster		Anlage 4																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	$\bar{x}$	SE
45x30 [mm]		42	54	52	49	50	49	36	47	31	56	37	53	55	67	71	50	44	30	54	58	49,25	2,37
30 mm		—	—	—	—	—	5	3	12	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	9	—	1,65	0,76
		49	32	56	50	24	48	38	48	12	59	31	57	49	66	67	42	52	39	61	53	46,65	3,15
		60	58	38	34	50	58	57	48	39	44	59	31	29	61	58	54	78	36	47	41	49,00	2,80
20 mm		—	6	—	—	—	—	—	—	2	38	17	—	—	2	1	—	—	—	—	—	3,30	2,03
		62	63	26	27	54	45	26	34	17	46	52	29	34	54	46	57	64	25	42	32	41,75	3,25
		43	32	68	56	58	32	32	40	27	38	54	38	44	43	52	31	47	55	72	58	46,00	2,85
10 mm		17	11	35	15	12	—	14	—	8	20	7	5	—	3	9	—	23	18	63	22	17,5	2,28
		29	25	53	49	53	29	26	18	23	4	31	32	28	49	41	18	43	46	61	59	35,85	3,14
		42	44	47	31	54	53	29	60	34	31	30	57	48	52	53	42	49	53	48	63	46,00	2,32
5 mm		19	45	8	3	46	34	—	12	15	—	6	46	40	—	29	22	15	17	11	27	19,75	3,53
		42	47	25	26	61	57	23	54	38	25	27	50	49	28	52	48	44	54	35	55	42,00	2,81

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

- Autrum, H.: Das Fehlen unwillkürlicher Augenbewegungen beim Frosch. Die Naturwissenschaften 46 (1959), H. 13, 435.
- Becker-Carus, Ch., u.a.: Motivation, Handlungsbereitschaft, Trieb. Zeitschrift für Tierpsychologie 30 (1972), H. 3, 321-326.
- Bunk, B., Tausch, J.: Grundlagen der Verhaltenslehre. Moderne Biologie im Unterricht. Braunschweig 1975.
- Comenius, J. A.: Große Unterrichtslehre. Langensalza 1927, (6. Aufl.).
- Cube, F. von: Kybernetische Grundlagen des Lernens und Lehrens. Stuttgart 1965.
- Daumer, K., Hainz, R.: Verhaltensbiologie. München 1979.
- Dieterich, R.: Einführung in die methodischen Grundlagen der Pädagogischen Psychologie. München, Basel 1975, (2. Aufl.).
- Eibl-Eibesfeldt, I.: Nahrungserwerb und Beuteschema der Erdkröte (*Bufo bufo* L.). Behaviour 4 (1951), 1-35.
- Ewert, J.-P.: Zentralnervöse Analyse und Verarbeitung visueller Sinnesreize. Naturwissenschaftliche Rundschau 25 (1972), H. 1, 1-11.
- Ewert, J.-P.: The Neural Basis of Visually Guided Behaviour. Scientific American 230, Nr 3 (March 1974), 34-42.
- Ewert, J.-P.: Probleme und Lösungswege bei der Untersuchung von Mustererkennungsprozessen. Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht 28 (1975a), H. 2, 88-95.
- Ewert, J.-P.: Neurobiologie eines angeborenen Auslösemechanismus. Umschau in Wissenschaft und Technik 75 (1975b), H. 8, 247-249.
- Ewert, J.-P.: Neuro-Ethologie. Berlin, Heidelberg, New York 1976.
- Flechsig, K.-H.: Die Funktion des Experiments in der Unterrichtsforschung. In: Oppolzer, S. (Hrsg.): Denkformen und Forschungsmethoden der Erziehungswissenschaft. München 1969.
- Garms, H.: Lebendige Welt. Gesamtband. Braunschweig 1969.
- Geiger, K.: Induktive und deduktive Lehrmethode. Berlin 1966.

- Grüner, G.: Die didaktische Reduktion als Kernstück der Didaktik. Aufgewiesen an Beispielen der Berufsschul-Didaktik. Die Deutsche Schule 59 (1967), H. 7 u. 8, 414-430.
- Guthrie, J. R.: Expository instruction versus a discovery method. Journal of Educational Psychology 58 (1967), 45-49.
- Halbach, U.: Modelle in der Biologie. Naturwissenschaftliche Rundschau 27 (1974), H. 8, 293-305.
- Hassenstein, B.: Biologische Kybernetik. Heidelberg 1967.
- Hassenstein, B.: Verhaltensbiologie des Kindes. München, Zürich 1973.
- Hedewig, R.: Selbstgebaute Molekülmodelle für den Biologieunterricht. Praxis der Naturwissenschaften, Biologie 25 (1976), H. 6, 141-145.
- Heller, K., Rosemann, B.: Planung und Auswertung empirischer Untersuchungen. Stuttgart 1974.
- Hemmer, H.: Kröte und Frosch im Unterricht. Heidelberg 1978.
- Hering, D.: Didaktische Vereinfachung. Dresden: Fakultät für Berufspädagogik und Kulturwissenschaften der Technischen Hochschule. Habilitationsschrift 1958.
- Hering, D.: Zur Faßlichkeit naturwissenschaftlicher und technischer Aussagen. Berlin (Ost) 1959. (Gekürzte Veröffentlichung der oben genannten Habilitationsschrift Herings.)
- Hinsche, G.: Kampfreaktionen bei einheimischen Anuren. Biol. Zbl. XLVIII (1928), 577-617.
- Ingenkamp, K.: Schulleistungen - damals und heute. Weinheim, Berlin 1967.
- Kerschensteiner, G.: Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts. München 1953, (Erstauf. 1913).
- Killermann, W.: Biologieunterricht heute. Eine Didaktik für Grundschule und Sekundarstufe I. Donauwörth 1974 u. 1980, (5. Aufl.).
- Killermann, W. (Hrsg.): Biologie in Unterrichtsmodellen für die Jahrgangsstufen 5-9. Donauwörth 1980, (2. Aufl.).
- Killermann, W., Klautke, S. (Hrsg.): Fachdidaktisches Studium in der Lehrerbildung. Biologie. München 1978.
- Klafki, W.: Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Weinheim 1967.
- Klauer, K. J.: Das Experiment in der pädagogischen Forschung. Düsseldorf 1973.

- Krapp, A., Prell, S.: Empirische Forschungsmethoden. Einführung. Studienhefte zur Erziehungswissenschaft, Heft V. München 1975.
- Krumbiegel, I.: Gefangene Tiere richtig füttern. Frankfurt a.M. 1976, (4. Aufl.).
- Laitko, H., Bellmann, R. (Hrsg.): Wege des Erkennens. Berlin 1969.
- Lamprecht, J.: Verhalten. Freiburg, Basel, Wien 1972.
- Litt, Th.: Naturwissenschaft und Menschenbildung. Heidelberg 1968.
- Lorenz, K.: The comparative method in studying innate behaviour patterns (1949). In: Symposia of the Society for Experimental Biology, Nr IV. Cambridge 1967.
- Lorenz, K.: Über tierisches und menschliches Verhalten. Band 1. München 1970.
- Müller, J.: Modelle als Erkenntnismittel im Biologieunterricht. Biologie in der Schule 23 (1974), H. 12, 530-537.
- Müller, J.: Zur Anwendung der Modellmethode. Dargestellt am Beispiel "Bau und Funktion der Wurzel", Lehrplan Klasse 9. Biologie in der Schule 24 (1975), H. 1, 9-15.
- Nachtigall, W.: Biologische Forschung. Heidelberg 1972.
- Oppolzer, S. (Hrsg.): Denkformen und Forschungsmethoden der Erziehungswissenschaft. München 1969.
- Raether, W.: Ein Modell zur Verdeutlichung der Funktion des AAM. Praxis der Naturwissenschaften, Biologie 25 (1976), H. 4, 105-108.
- Räuber, H.: Die Unterstützung der Erkenntnis vom Zusammenwirken aller grundlegenden Lebensvorgänge im Organismus durch den Einsatz verschiedener Formen ideeller Modelle im Biologieunterricht. Greifswald: Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Sektion Biologie, Fachgebiet Biologiemethodik. Dissertation 1974.
- Reichart, G., Kopčanski, N.: Möglichkeiten einer anschaulichen Darstellung komplizierter Sachverhalte im Fach Biologie. Neue Unterrichtspraxis 10 (1977), H. 4, 205-210.
- Rodi, D., Bauer, E. W. (Hrsg.): Biologiedidaktik als Wissenschaft. Köln 1980.
- Roth, L.: Effektivität von Unterrichtsmethoden. Empirische Untersuchungen zu Wirkungen der Organisationsformen von Lernbedingungen. Hannover 1971.

- Schaefer, G., Trommer, G., Wenk, K. (Hrsg.): Denken in Modellen. Braunschweig 1977.
- Schanz, E.: Zum Problem kindlicher Abneigung gegenüber Tieren - ein Beitrag zur Psychologie des Biologieunterrichts. Der Biologieunterricht 8 (1972), H. 1, 43-124.
- Schleidt, W.: Die historische Entwicklung der Begriffe "Angeborenes auslösendes Schema" und "Angeborener Auslösemechanismus" in der Ethologie. Zeitschrift für Tierpsychologie 19 (1962), 697-722.
- Schulte, H.: Modelle im Biologieunterricht des Sekundarbereichs - eine Untersuchung ihrer didaktisch-methodischen Funktion. Der Biologieunterricht 14 (1978), H. 3, 83-101.
- Siedentop, W.: Methodik und Didaktik des Biologieunterrichts. Heidelberg 1968, (2. Aufl.).
- Skowronek, H.: Psychologische Grundlagen einer Didaktik der Denkerziehung. Hannover 1968.
- Spranger, E.: Der geborene Erzieher. Heidelberg 1958.
- Stachowiak, H.: Gedanken zu einer allgemeinen Theorie der Modelle. Studium Generale 18 (1965), H. 7, 432-463.
- Stachowiak, H.: Denken und Erkennen im kybernetischen Modell. Wien, New York 1969.
- Stachowiak, H.: Allgemeine Modelltheorie. Wien, New York 1973.
- Staack, L.: Medien im Biologieunterricht. Königstein/Ts. 1980.
- Straaß, G.: Zur erkenntnistheoretischen Bedeutung der Modellmethode in der Biologie. Berlin: Philosophische Fakultät der Humboldt-Universität. Dissertation 1962.
- Tembrock, G.: Verhaltensbiologie. Stuttgart, New York 1978.
- Timmermann, J.: Fachdidaktik in Forschung und Lehre. Hannover 1972.
- Tinbergen, N.: Instinktlehre. Berlin, Hamburg 1972, (5. Aufl.).
- Traxel, W.: Grundlagen und Methoden der Psychologie. Eine Einführung in die psychologische Forschung. Bern, Stuttgart, Wien 1974, (2. Aufl.).

- Uhlig, A., u.a.: Didaktik des Biologieunterrichts. Berlin (Ost) 1962.
- Viebahn, W.: Modell und Biologieunterricht I, II u. III. Biologie in der Schule 25 (1976), H. 1, 1-8; H. 2 u. 3, 74-83; H. 5, 196-205 u. 224.
- Weber, H. E.: Das Problem der didaktischen Reduktion im Biologieunterricht. Der Biologieunterricht 12 (1976), H. 3, 4-26.
- Wendler, G.: Über einige Modelle in der Biologie. Studium Generale 18 (1965), H. 5, 284-290.
- Wenk, K.,
Trommer, G. (Hrsg.): Unterrichten mit Modellen. Braunschweig 1978.
- Wertheimer, M.: Produktives Denken. Frankfurt a.M. 1964.
- Wickler, W.: Stammesgeschichte und Ritualisierung. Zur Entstehung tierischer und menschlicher Verhaltensmuster. München 1975.

Amtliche Veröffentlichungen:

Curricularer Lehrplan Biologie für die 8. und 9. Jahrgangsstufe der Hauptschule. Amtsblatt des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus, Teil I, München 1978, Sondernummer 3, 40-57.

Lebenslauf

S t ö h r , Emil Karl, geb. am 14.8.1934 in Dauba/Nordböhmen

Eltern:	Vater: Stöhr Emil, Uhrmachermeister Mutter: Theresia, geb. Tragl
1940 - 1944	Volksschule in Dauba
1944 - 1945	Oberschule in Böhmischem-Leipa
1945 - 1946	Goetheschule in Dessau (Sachsen-Anhalt)
1946 - 1953	Städtische Oberrealschule in Füssen (Allgäu)
Juli 1953	Abitur
November 1953 - Juni 1954	Pädagogischer Lehrgang am Institut für Lehrerbildung in Freising
1954 - 1965	Postinspektor
1965 - 1968	Studium an der Pädagogischen Hochschule Augsburg der Universität München
April 1968	Erste Prüfung für das Lehramt an Volksschulen
1968 - 1971	Selbständiger Einsatz als vollbeschäftigter Lehrer (Beihilfe beim Seminarleiter in Steingaden; Grund- und Hauptschulklassen in Schongau)
Juli 1971	Anstellungsprüfung (Zweite Lehramtsprüfung)
1971 - 1975	Lehrer an der Hauptschule in Schongau
1972 - 1977	Studium am Fachbereich Biologie der Universität München
September 1975	Förderassistent am Fachbereich Erziehungswissenschaften
Dezember 1976	Assistent am Lehrstuhl für Biologiedidaktik des Fachbereichs Erziehungswissenschaften der Universität München
Februar 1977	Promotionsvorprüfung

